Abhandlungen

über

die Wärme.

Aus dem Französischen

des

Grafen von Rumford.

Mit Figuren.

Weimar,

im Verlage des Landes-Industrie-Comptoirs

1805.

Benj. Grafen von Rumford

kleine Schriften

politischen, ökonomischen und philosophischen

Inhalts.

Aus dem Französischen.

Vierter Band

Erste Abtheilung.

5.
Rumf.

Mit Figuren.

Weimar,
im Verlage des Landes-Industrie-Comptoirs
1805.

Wbg / 66 / 199

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Des

Grafen von Rumford

Abhandlungen

über

die Wärme.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Altbestand 4960

Wehrtechnische
Bücherei
M

Bayerische
Staatsbibliothek
München

I.

Historische Uebersicht
verschiedener Experimente,
die
von dem Verfasser zu verschiedenen Zeiten in Betreff der Wärme veranstaltet wurden.

Einem Schriftsteller, dem es darum zu thun ist, die Aufmerksamkeit des Publikums auf ein Werk zu lenken, das von einem eben so wichtigen als schwer zu erforschenden Gegenstande handelt, muß es unstreitig vergönnt seyn, gleich zu Anfang desselben die Gründe, um derentwillen er sich Gehör versprechen darf, auf eine bescheidene Art aus einander zu setzen. Eben so gewiß ist es aber auch, daß ein Naturforscher auf das Zutrauen und den Beifall der Gelehrten nur in so fern gerechte Ansprüche zu machen hat, als sich dieselben auf seine Arbeiten, auf langwierige und genaue Beobachtungen, zugleich auch auf tief durchdachte und mit möglichster Sorgfalt veranstaltete Experimente gründen.

Versuche über die Wärme anzustellen, war von jeher eine meiner angenehmsten Beschäftigungen. Schon damals machte dieser Gegenstand meine Aufmerksamkeit rege, als ich in meinem siebzehnten Jahre Boerhave's vortreffliche Abhandlung über das Feuer las. In der Folge ward ich zwar oft durch andere Angelegenheiten verhindert, mich mit demselben zu beschäftigen, so bald ich aber nur einen Augenblick Zeit gewann, kehrte ich immer von neuem, und immer mit wiederholtem Vergnügen zu ihm zurück. Noch jetzt ist dieser Gegenstand des Nachdenkens, wenn ich auch noch so sehr mit andern Arbeiten beschäftigt bin, meinem Geiste so gegenwärtig, daß alles, was auf denselben nur den mindesten Bezug hat, und sich vor meinen Augen ereignet, sogleich meine Wißbegier reizt und meine Aufmerksamkeit an sich zieht.

Diese vieljährige Gewohnheit, vermöge welcher ich alle und jede Phänomene, die zu meiner Kenntniß gelangen, und mit der Wärme und deren Wirkungen nur auf die entfernteste Art in Verbindung stehen, sogleich mit der größten Begierde auffasse und sie zu ergründen strebe, hat mir fast alle jene Experimente an die Hand gegeben, die ich in Betreff dieses Gegenstandes angestellt habe.

Im Jahre 1778 war ich damit beschäftigt, die Stärke des Schießpulvers zu untersuchen, und die Schnelligkeit der Kugeln, die aus Feuergewehren abgeschossen werden. Zu dem Ende feuerte ich öfters ein Flintenrohr ab, das auf mancherlei Art geladen wurde, und vier Fuß hoch über dem Erdboden ganz frei (das heißt ohne Schaft) in horizontaler Richtung auf zwei eisernen Stäben ruhte. *) Dies gab mir Veranlassung, eine äußerst frappante Bemerkung zu machen.

Da nämlich diese Versuche hauptsächlich darauf abzweckten, die Schnelligkeit, mit welcher die Kugel fortgetrieben wurde, nach dem Zurückprallen des Flintenrohrs zu bestimmen, so mußte zuförderst ausgemittelt werden, wie viel das Gewicht der Pulverladung, welche das Fortfliegen der Kugel bewirkte, zu diesem Zurückprallen beitrage. Um dieses Problem aufzulösen, machte ich mehrere auf einander folgende Versuche, bald mit einerlei Pulverla-

*) Eine ausführliche Beschreibung dieser Versuche findet man im 71. Bde der Philosophical Transactions, und im ersten Bande meiner Philosophical Papers, welche zu London, im Jahr 1802 bei Cadell und Davies herausgekommen sind.

dung ohne Kugel, bald dadurch, daß ich eine Kugel dazu nahm, aus deren wohl zwei, drei, sogar vier auf einander setzte.

Meiner Gewohnheit nach griff ich das Flintenrohr unmittelbar nach jedem Schuß sogleich mit der linken Hand an, um es so lange festzuhalten, bis ich es mit einem Ladestock, woran etwas Werg befestigt war, ausgewischt hatte. Es befremdete mich daher nicht wenig, als ich bei dieser Gelegenheit die Bemerkung machte, daß das Flintenrohr allemal viel heißer war, wenn der Schuß bloß aus Pulver bestand, als wenn ich zugleich eine oder mehrere Kugeln hinein geladen hatte.

Ich hatte bis dahin keine andere Vermuthung gehabt, als daß das Heißwerden eines losgeschossenen Feuergewehrs, eine unmittelbare Folge der durch die Entzündung des Schießpulvers bewirkten Hitze sey; jetzt aber ward ich durch das Resultat des obigen Versuchs bis zur Evidenz überzeugt, daß diese Vermuthung nicht den mindesten Grund hatte.

Denn wenn man auch annehmen wollte, daß das gedachte Feuergewehr wirklich durch die Entzündung des Pulvers erhitzt wurde, so mußte hieraus

folgen, daß, da die Flamme, wenn eine Ladung ohne Kugel daraus abgeschossen wird, weit schneller herausfährt, als nach derselben Ladung, die eine oder mehrere Kugeln heraustreiben muß, im letztern Falle ein viel stärkerer Grad der Hitze bewirkt werden müßte, als im erstern. Da nun die obenerwähnte Erfahrung vom Gegentheil zeugt, so ergiebt sich hieraus, daß die Erhitzung des mehrerwähnten Schießgewehrs nicht von der Entzündung des Pulvers herrührt, sondern bloß von der Erschütterung, welche das Prallen im Innern des Laufs verursacht, und durch die eben so schnelle als momentane Wirkung des elastischen Fluidums, welches sich durch die Entzündung des Pulvers entwickelt.

Es kann Niemandem unbekannt seyn, daß ein Prallstoß weit mehr dazu geeignet ist, die Wärme in einem festen Körper zu entwickeln, als ein minder heftiger Stoß; und wenn es Grund hat, daß die Wärme nichts anderes ist, als eine ununterbrochene (bald mehr bald weniger schnelle) vibrirende Bewegung, die in den Bestandtheilen fester Körper vorgeht, so ist diese Verschiedenheit leicht zu erklären.

Nichts ist gewisser, als daß der Stoß, welcher dem Innern des Flintenrohrs, während des oben=

erwähnten Versuchs, durch die Entzündung des Pulvers mitgetheilt wurde, mehr prallend oder heftiger war, wenn der Schuß ohne Kugel abgefeuert wurde, als wenn das aus der Entzündung des Pulvers entstandene elastische Fluidum erst eine oder mehrere Kugeln, die nichts weniger als leicht waren, langsam vor sich her stoßen mußte, um freien Spielraum zu gewinnen. Genau erwogen, ist dieser Umstand meines Erachtens, mehr als hinreichend, die Resultate der obgedachten Erfahrung auf eine befriedigende Art zu erklären, wiewohl ich übrigens offenherzig gestehen muß, daß ich ihn nie mit der Hypothese, die man in Betreff des Wärmestoffs (calorique) angenommen hat, zusammenreimen konnte.

Der eben erwähnte Vorgang machte einen tiefen Eindruck auf mich, so daß ich kaum den Zeitpunkt erwarten konnte, welcher dazu erforderlich war mir die nöthigen Instrumente zu verschaffen, um mehrere auf einander folgende Versuche über die Wärme anzustellen, und mir dadurch über das Wesen derselben, so wie über die Art und Weise wie sie wirkt, einigen Aufschluß zu verschaffen.

Ich hatte mir nämlich vorgenommen, gleich

anfangs mehrere Experimente in Betreff dessen anzustellen, was man späterhin die specifische Wärme der Körper nannte. Zu dem Ende bestellte ich mir bei Herrn Fraser, wohnhaft in New-Bond-Street, zu London (nunmehrigen Fabrikanten der für den König von England bestimmten physikalischen und mathematischen Instrumente) eine beträchtliche Anzahl massiver Kugeln, die einander sammt und sonders im Durchschnitt (von einem Zoll) gleich waren. Einige dieser Kugeln waren von Gold, andere von Silber, kurz alle bestanden aus diesem oder jenem Metall, oder andern festen Substanzen, die sich leicht auf der Drehbank verarbeiten lassen. Jede dieser Kugeln hieng an einem dünnen seidenen Faden, und ich hatte mir vorgenommen, die eine wie die andere in gewissen Flüssigkeiten bis auf einen bestimmten Grad zu erwärmen, und sie alsdann in eine gewisse Quantität Wasser zu tauchen, das in eben dem Verhältniß kalt wäre. Ich machte nämlich den Schluß: daß die (vermittelst des Thermometers) angezeigten Grade der Wärme, welche die Kugel der gedachten Masse kalten Wassers mittheilte, mehr als hinlänglich seyn würden, um hiernach die verhältnißmäßige Wärme zu bestimmen, welche dazu erforderlich wäre, um sowohl der Kugel, als auch einer mit derselben in gleichem Ver-

hältniß stehenden Quantität Wasser, einerlei Temperatur zu geben.

Schon hatte ich mit diesen Experimenten den Anfang gemacht, als mir der Krieg, bevor ich sie vollenden konnte, Veranlassung gab, nach Amerika zu gehen. Sonach wurden diese Versuche einige Jahre lang unterbrochen, und als ich nach dem Frieden von 1783 nach England zurück kam, erfuhr ich daß Herr Wilkin, in Schweden, das, was ich beschlossen hatte, bereits genau ausgeführt habe. Da ich nun nicht die mindeste Veranlassung hatte, die Genauigkeit der von diesem Gelehrten angestellten Versuche zu bezweifeln, so legte ich den Apparat, womit ich die meinigen zu veranstalten gedachte, als unnütz bei Seite.

Im nächstfolgenden Jahre verließ ich England und gieng nach Baiern, wo ich in Diensten des verstorbenen Kurfürsten angestellt wurde. Ich hatte verschiedene zu dem oberwähnten Apparat gehörige Instrumente mit hierher gebracht, die man noch jetzt im Naturalienkabinet der Militärschule zu München in Augenschein nehmen kann.

Wenn ich seit mehr als zwanzig Jahren nie we-

der von meinem Vorhaben und den darauf Bezug habenden Experimentalanstalten, noch von den wirklich gemachten und mit jenen des Herrn Wilkin übereinstimmenden Versuchen, in irgend einer meiner Schriften etwas erwähnte, so geschah dies bloß deswegen, weil mir der Charakter eines Mannes, der sich die Erfindungen eines andern zueignet, von jeher verhaßt war. Wenn ich jetzt davon rede, so geschieht es mehr in der Absicht, das Publikum zu überzeugen, daß ich lange über diesen Gegenstand nachgedacht habe, als aus irgend einer andern Ursache, die vielleicht ihren Grund in der Eigenliebe haben könnte.

Meine Verhältnisse am Hofe zu München, und in der Nähe eines Fürsten, dem es ernstlich um die Beförderung der Wissenschaften zu thun war, gewährte mir während eines Zeitraums von vier Jahren hinlängliche Muße, meine physikalischen Untersuchungen fast ununterbrochen fortzusetzen, und ich benutzte dieselbe, um in Betreff der Wärme eine beträchtliche Anzahl Experimente zu machen.

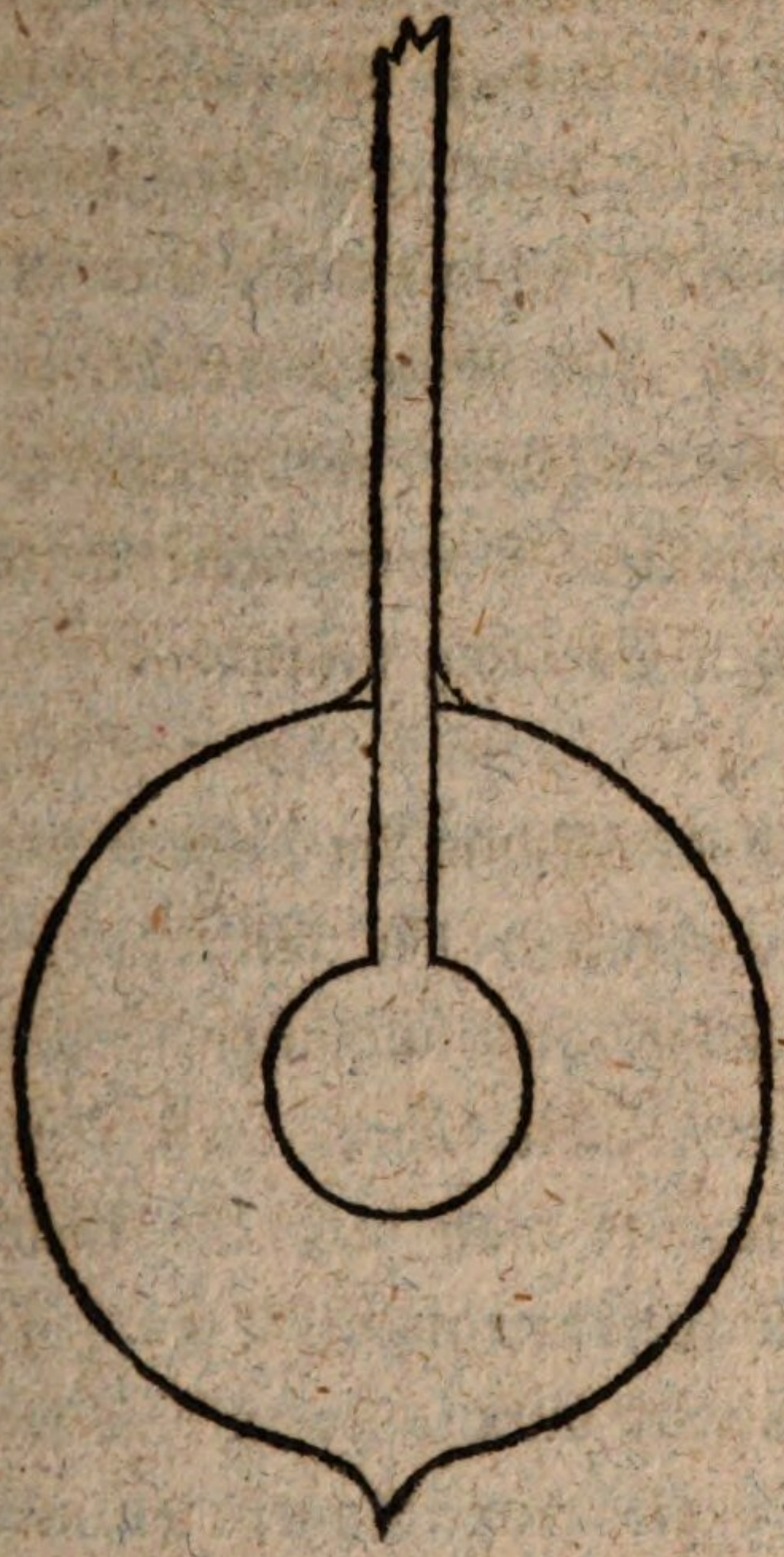
In den Jahren 1785 und 1786 beschäftigte ich mich mit Versuchen, die darauf abzweckten, die Art und Weise zu erforschen, wie die Wärme diese und

jene Substanzen durchdringt und immer weiter sich fortpflanzt. Eine umständliche Beschreibung dieser Experimente findet man in den beiden Abhandlungen, die ich in die philosophischen Transactionen der königlichen Societät der Wissenschaften zu London einrücken ließ. Die eine ist im sechs und siebenzigsten, und die andere im drei und achtzigsten Bande dieses Werks enthalten. Für letztere erhielt ich die goldene Medaille, welche die genannte Societät jährlich auszutheilen pflegt. *)

Im Sommer 1785 machte ich die Entdeckung, daß sich die Wärme durch den luftleeren Raum des Torricelli fortpflanzen oder erregen läßt.

Da diese Entdeckung nicht wenig dazu beigetragen hat, mich in der Meinung, die ich seitdem in Betreff der eigentlichen Beschaffenheit der Wärme angenommen habe, zu bestärken: so halte ich es keineswegs für überflüssig, das Experiment wodurch diese Thatsache ganz außer Zweifel gesetzt wurde, hier mit allen dazu gehörigen Umständen zu beschreiben. Es verhielt sich damit folgendermaaßen:

*) Im Jahr 1797 sind diese nämlichen Abhandlungen in meinem achten Essai, der zu Genf in Französischer Sprache herauskam, von neuem abgedruckt worden.



Nachdem es einem geschickten Künstler zu Mannheim, Namens Artaria, gelungen war, die Kugel eines Queckfilber-Thermometers, welche einen halben Zoll im Durchmesser hatte, im Mittelpunkte einer andern (gläsernen) Kugel von anderthalb Zoll im Durchmesser, auf eine solide Art zu befestigen, füllte man den leeren Raum zwischen der äußern Fläche des Thermometers und der innern Fläche

der großen Kugel, mit Queckſilber aus, und zwar vermittelſt einer langen Barometerröhre, die, bis auf einen kleinen hervorragenden Theil, oder eine Oeffnung, welche ſpitzig zulief, und zu der größern Kugel gehörte, zugeſchmelzt wurde. Dieſe Spitze war unterwärts gekehrt, wenn ſich das an der groſſen Kugel befeſtigte Thermometer in ſeiner natürlichen ſenkrechten Stellung befand.

So bald der Raum im Innern der Kugel, der um das Thermometer her frei blieb, zugleich auch die an die Kugel angeſchmolzene ſechs und dreißig Zoll lange Barometerröhre, mit Queckſilber angefüllt war, tauchte man dieſe Röhre in Queckſilber, das in einem Gefäße enthalten war, kehrte dieſelbe alsdann um, und brachte ſie in eine ſenkrechte Stellung, ſo daß die große Kugel (worin das Thermometer befeſtigt war) zu oberſt kam.

Da nun das Inſtrument auf dieſe Art in ein wirkliches Barometer verwandelt war, ſo ſtieg das in der großen Kugel und in dem obern Theil der Barometerröhre befindliche Queckſilber bis zu der Höhe von acht und zwanzig Zoll über die Oberfläche des in dem Gefäße enthaltenen Queckſilbers, wo es ſtehen blieb, da ihm der Druck der äußern Luft das Gleich-

gewicht hielt. Jetzt wurde an den obern Theil der gedachten Röhre, wo sie in die Kugel eingepaßt, und der Diameter der Röhre schon vorläufig vermindert worden war, ein brennendes Wachslicht gehalten, und nun ließ man, vermittelst eines Löthrohrs die Lichtflamme nach demjenigen Theile der Röhre, wo man dieselbe zuschmelzen wollte.

Als nun das Glas vermittelst der Hitze erweicht worden war, drängte der Druck der äußern Luft die Wände der Röhre sogleich nach innen zu, so daß die ganze Operation glücklich von statten gieng.

Hierauf wurde die Barometerröhre losgemacht, und die Kugel des Thermometers war nunmehr (wie die vorstehende Figur zeigt) auf allen Seiten von einem luftleeren Raum umgeben. Man füllte sodann Queckſilber in das Barometer, versah es mit einer Skale, und ich konnte nun kaum die Zeit erwarten, um mich zu überzeugen, ob die Wärme im Stande seyn würde, jenen luftleeren Raum zu durchdringen.

Jetzt setzte ich diesen Apparat in ein Gefäß das mit Wasser angefüllt war, dessen Temperatur 18° nach Reaumür's Thermometer betrug, und ließ ihn so lange darin, bis ich (vermittelst der an dem In-

strument befindlichen Skale) überzeugt wurde, daß die mit Queckſilber gefüllte Kugel, welche ſich im Mittelpunkte des luftleeren Raums befand, dieſe nämliche Temperatur von 18° Reaumur erreicht hatte. Dann nahm ich mein Inſtrument aus jenem Gefäß wieder heraus, und hielt es einige Minuten lang in ein anderes, voll heißen Waſſers, das vermittelſt einer darunter befindlichen Lampe ununterbrochen im Kochen erhalten wurde.

Da nun das in der Röhre des Thermometers befindliche Queckſilber, wiewohl nur langſam, zu ſteigen anfieng, ſo blieb kein Zweifel mehr übrig, daß die Wärme des kochenden Waſſers wirklich durch den luftleeren Raum in die Kugel des Thermometers eindrang.

Das Steigen des im Thermometer befindlichen Queckſilbers, verhielt ſich folgendermaaßen:

Eine Minute und dreißig Sekunden nachher, als ich mein Inſtrument ins kochende Waſſer getaucht hatte, war das Queckſilber von 18° bis auf 27° geſtiegen. Zu Ende der vierten Minute ſtand es auf $44\frac{2}{16}$° und am Ende der fünften Minute auf $48\frac{1}{16}$°.

Um

Um nun die verhältnißmäßige Geschwindigkeit, mit welcher die Wärme sowohl in den luftleeren Raum als in die Luft drang, näher bestimmen zu können, wurde das Ende der kleinen am untern Theil der großen Kugel befindlichen zugespitzten Röhre kurz abgebrochen, so daß die Luft in die eben erwähnte Kugel ungehindert eindringen konnte, dann schmelzte ich diese Röhre am obern Ende vermittelst eines Wachsstocks zum zweitenmale zu, kühlte mein Instrument in frischem Wasser wieder ab, und tauchte solches, nachdem es die Temperatur dieses Wassers, nämlich 18° angenommen hatte, von neuem in kochendes Wasser.

Jetzt stieg das Queckfilber im Thermometer viel schneller, als während des vorigen Versuchs.

Die Art und Weise, wie die Erhitzung während dieser beiden Experimente nach und nach zunahm, ist aus folgender Tafel ersichtlich.

Als der sphärische Behälter des Queckfilber-Thermometers, welches in der Mitte einer gläsernen Kugel von anderthalb Zoll im Durchmesser angebracht war, in kochendes Wasser getaucht wurde, zeigte dasselbe folgende Standpunkte:

	im luftleeren Raum			in dem mit Luft angefüllten Raum.		
	Erstes Experiment.			Zweites Experiment.		
	Zeit.		Temperatur.	Zeit.		Temperatur.
			18°			18°
	Min.	Sek.		Min.	Sek.	
nach	1	30	. 27°	0	45	. 27°
	4	0	. 44 1/10°	2	10	. 44 1/10°
	5	6	. 48 1/5°	5	0	. 60 1/10°

Aus den Resultaten dieser Experimente wird man ersehen, daß die Wärme in dem mit Luft angefüllten Raume beinahe zweimal so schnell zunimmt, als in dem luftleeren.

Ich veranstaltete nachher noch mehrere Experimente dieser Art, ohne in den hier angeführten Resultaten die mindeste Veränderung zu bemerken. Sie alle hier zu beschreiben, würde zu weitläuftig seyn. Man findet sie aber in meiner Abhandlung, die in den philosophischen Transaktionen steht, und in meinem achten Versuche (Essai).

In der Folge ließ ich mir noch mehrere Instrumente dieser Art verfertigen, um meine Experimente zu wiederholen, und damit abwechseln zu können.

Bald beobachtete ich die Zeit, während welcher sie wieder kalt wurden, bald jene, binnen welcher sie die Wärme durchdrang. Das einemal geschah dies in freier Luft, ein andermal im Wasser. Alle diese Versuche hatten die Folge, daß die Thermometerkugel im luftleeren Raume bald warm bald kalt wurde, nur mit dem Unterschiede, daß diese Abwechselung beinahe zweimal so langsam von statten gieng, als wenn die Kugel von Luft umgeben war.

Das Eindringen der Wärme in den luftleeren Raum, war eine Thatsache, worauf bei Untersuchung des Wesens der Wärme so außerordentlich viel ankam, daß ich dieselbe durch solche Experimente, die nicht den allermindesten Zweifel mehr übrig liessen, zu bestätigen wünschte.

Derjenige Theil der Thermometerröhre, welcher im Innern der großen gläsernen Kugel angebracht war, wurde von dieser nämlichen Kugel berührt. Mithin konnte man auf den Gedanken gerathen, als wenn ein Theil der Wärme, welchen die vom luftleeren Raum umgebene Thermometerkugel, während der Zeit, wo der übrige Theil der Röhre von der Luft oder dem Wasser, worin ich dieselbe bald abkühlte, bald wieder erhitzte, entweder annahm oder

verlor, ihr vermittelst der Thermometerröhre mitgetheilt wurde. Um nun in Betreff dieses Umstandes zur völligen Gewißheit zu gelangen, kam ich auf den Einfall, den Versuch mit einem Thermometer zu machen, das ich an einem sehr dünnen seidenen Faden in die Mitte des (vermittelst des Queckfilbers bewirkten) luftleeren Raums einer Glasflasche hieng, welche so hoch war, daß sie das Thermometer, nebst der daran befindlichen Röhre ganz in sich enthalten konnte.

Die Resultate meiner mit diesen Instrumenten angestellten Experimente, waren von jenen, die ich mit dem oberwähnten Apparat gemacht hatte, wenig oder gar nicht verschieden, und sonach war denn die Fortpflanzung der Wärme durch den luftleeren Raum des Toricelli ganz außer Zweifel gesetzt.

Diese Erfahrungen sind der gelehrten Welt sattsam bekannt; nur entsteht hier die Frage, wie sich die Resultate derselben mit der Theorie, welche man heutiges Tages in Betreff des Wärmestoffs (calorique) angenommen hat, vereinbaren lassen. Ich muß offenherzig gestehen, daß ich, bei dem besten Willen von der Welt, nie damit übereinkommen

konnte, weil ich schlechterdings nicht einsehe, wie sich die Wärme auf zwei von einander ganz verschiedenen Wegen mittheilen kann.

Die Gelehrten haben dieser Erfahrungen wenig oder gar nicht erwähnt. Ich maaße mir es nicht an, ihr Stillschweigen erklären zu wollen. Wenn ich selbst dieser Erfahrungen eben so wenig gedachte wie sie, so ist die Ursache meines Schweigens leicht zu errathen. Wenigstens wird man mir zugestehen, daß ich die Zweifel, welche die Resultate meiner Experimente veranlassen konnten, deutlich genug angezeigt habe.

Ich veranstaltete hiernächst auch noch manche andere Experimente, um die verschiedenen Grade der Geschwindigkeit, mit welcher die Wärme ins Queckfilber, in gemeine oder atmosphärische Luft, in Luft die mit feuchten Dünsten saturirt ist, in das kohlensaure Gas, und in gemeine bis zu gewissen Graden verdickte Luft, eindringt, genau bestimmen zu können.

Als ich im Jahr 1787 mehrere auf einander folgende Experimente anstellte, welche man in den philosophischen Transaktionen von 1792 beschrieben fin-

det, ließ ich es mir hauptsächlich angelegen seyn, die leitende Kraft (pouvoir conducteur) zu erforschen, welche verschiedene Substanzen, besonders solche deren man sich zu Kleidungsstücken bedient, in Bezug auf die Wärme besitzen. Das Instrument, dessen ich mich zu diesen Forschungen bediente, und welchem ich die Benennung Passagethermometer beilegte, ist von demjenigen, welches ich weiter oben beschrieben habe, nur wenig verschieden. Ich befestigte nämlich die Kugel eines mit Queckſilber gefüllten Thermometers, die im Durchschnitt einen halben Zoll stark war, in der Mitte einer großen gläsernen Kugel, die ebenfalls einen halben Zoll im Diameter hatte, und mit einem langen cylinderförmigen Halse versehen war, und füllte sodann den Raum zwischen der äußern Fläche der Thermometerkugel und der innern Fläche der großen gläsernen Kugel mit einer gewissen Quantität dieser oder jener Substanz an. Hierauf ließ ich mein Instrument in einer Mischung, die aus Wasser und zerstoßenem Eise bestand, wieder kalt werden, und so bald das Thermometer mir zeigte, daß seine Kugel, (die im Mittelpunkte der großen Glaskugel enthalten war) die Temperatur dieser kaltmachenden Mischung angenommen hatte und fortdauernd beibehielt, (d. i. derjenigen, wobei das Queckſilber nach Reaumur auf Null

stand), dann nahm ich meinen Apparat aus jener kalten Mischung wieder heraus, tauchte denselben in kochendes Wasser, merkte die Zeit, binnen welcher die Wärme in die Kugel des Thermometers, durch die Substanz von welcher dieselbe umgeben war, eindrang, von zehn zu zehn Grad mit möglichster Genauigkeit an, und trug sie in ein Register ein.

Da das kochende Wasser, in welches ich meinen Apparat tauchte, ununterbrochen im Sieden erhalten wurde, so versteht sich von selbst, daß das Aeussere des Instruments, das heißt, die äußere Fläche der großen gläsernen Kugel, immer einerlei Temperatur behielt, so wie die mehr oder weniger schnelle Erwärmung der im Innern der großen Kugel enthaltenen Thermometerkugel, von dem Widerstand zeigte, welchen die Enveloppe der Kugel dem Durchdringen der Wärme während der Zeit entgegenstellte, welche sie nöthig hatte, um von der innern Fläche der großen Kugel bis zu der Kugel des Thermometers zu gelangen.

Auf diese Art machte ich mehrere Experimente; als ich aber von dem Dampfe, welcher aus dem kochenden Wasser aufstieg, zu sehr inkommodirt, zugleich auch verhindert wurde, das Steigen und Fal-

len des Queckſilbers zu bemerken, änderte ich meine Verfahrungsart ab, und beobachtete nun nicht mehr die Zeit, binnen welcher mein Inſtrument warm, ſondern vielmehr die, binnen welcher es wieder kalt wurde.

Wenn daher mein Apparat in kochendem Waſſer einen ſolchen Grad der Wärme erlangt hatte, daß die Skale ſeines Thermometers (welches ein Reaumurſches war) 77° zeigte, ſo nahm ich ihn aus dem kochenden Waſſer, hielt ihn, und zwar unmittelbar über dem großen Gefäß, welches mit Waſſer und zerſtoßenem Eis angefüllt war, frei in die Luft, und machte mich gefaßt, ihn in demſelben Nu, wo das Queckſilber bis auf 75° fallen würde, in dieſe kaltmachende Miſchung zu tauchen.

So bald das Queckſilber bis zu dieſer Abtheilung der Skale gefallen war, tauchte ich meinen Apparat ſogleich in die kältende Miſchung, und hielt zur nämlichen Zeit eine Uhr ans Ohr, welche halbe Sekunden anzeigte, die ich ſorgfältig zählte, während ich auf den Augenblick Acht gab, wo das Queckſilber bis auf 70° fiel, den ich ſodann anmerkte und einregiſtrirte.

Auf eben dieſe Art beobachtete ich den Moment,

wo das Queckſilber bis auf 60° herabſank, und ſo fuhr ich von zehn zu zehn Graden fort, bis mein Apparat dergeſtalt erkaltet war, daß er die Tempe-ratur von 10° erreichte.

Zuweilen wurde mein Apparat von einer ſolchen Kälte durchdrungen, daß das Queckſilber im Ther-mometer auf Null ſtand; da dieſes aber viel Zeit er-forderte, und weiter keinen Nutzen hatte, weil die Erkältung von zwei und ſiebenzig bis zu zehn Grad, mehr als hinlänglich war, um hiernach die leitende Kraft einer jeden Art von Umhüllung beſtimmen zu können, ſo endigte ich mein Experiment gewöhnlich in eben dem Nu, wo das Queckſilber den Punkt von 10° Grad paſſirt hatte.

Während der Zeit, daß ich meinen Apparat in der kältenden Miſchung wieder abkühlte, bewegte ich ihn darin, ganz langſam und ununterbrochen von einer Stelle zur andern; auch unterließ ich nie, das Waſſer dergeſtalt mit Eis zu vermiſchen, daß ſich die Temperatur dieſer Miſchung immer gleich blieb.

Da bei dergleichen Experimenten die im Mit-telpunkte der großen gläſernen Kugel enthaltene Ther-mometerkugel jederzeit von der in der großen Kugel

befindlichen Luft, so wie auch von den Substanzen, woraus die Umhüllungen bestanden, unmittelbar umgeben war, so machte ich einige Versuche, um die Zeit zu bestimmen, welche dazu erforderlich war, bis die Kugel des Thermometers wieder erkaltete, wenn die große Kugel weiter nichts als Luft enthielt. Da nahm ich dann wahr, daß sie zwischen dem 70° bis zum 10° nach Reaumur in Zeit von 576 Sekunden erkaltete, wenn ich meinen Apparat, nachdem ich ihn zuvor in kochendem Wasser erwärmt hatte, in der mehr erwähnten Mischung, von kaltem Wasser und zerstoßenem Eis, wieder abkühlte.

Aus nachstehender Tafel wird man die Resultate mehrerer Experimente ersehen, die ich in der Absicht veranstaltete, die verhältnißmäßige (relative) Wärme verschiedener Substanzen zu bestimmen, deren man sich gewöhnlich zu Kleidungsstücken bedient.

Ich merke nur noch an, daß ich die Quantität jeder Substanz allemal nach dem Gewicht (zu 16 Gran geaichten Gewichts) bestimmte, sie im Innern der großen Kugel so gleichförmig als möglich und zwar dergestalt zu vertheilen suchte, daß die Kugel des Thermometers davon umgeben war.

der Experimente über die Wärme.

Allmähliche Abnahme der Wärme.	Substanzen, deren ich mich zur Umhüllung bediente.							
	Luft.	Rohe Seide.	Wolle.	Baumwolle.	Fasern von feiner Leinwand.	Bieberhaare.	Kaninchenhaare.	Eyderdun.
	Zeit.	Zeit.	Zeit.	Zeit.	Zeit.	Zeit.	Zeit.	Zeit.
von 70° bis zu 60°	38″	94″	79″	83″	80″	99″	97″	98″
= 60° = = 50°	46	120	95	95	93	116	117	116
= 50° = = 40°	59	133	118	117	115	153	144	146
= 40° = = 30°	80	185	162	152	150	185	193	192
= 30° = = 20°	122	273	238	221	218	265	270	268
= 20° = = 10°	231	489	426	378	376	478	494	485
von 70° bis zu 10°	576	1284	1118	1046	1032	1296	1315	1305

Um zu erforschen, welchen Einfluß die Dichtheit einer Umhüllung oder Bekleidung, von dieser oder jener Dicke, auf die Wärme dieser Umhüllung,

oder auf deren Vermögen habe, die Wärme zu beschränken, machte ich drei auf einander folgende Experimente, mit verschiedener Quantität einer und derselben Substanz, nämlich mit Eiderdun. Zum ersten nahm ich sechszehn, zum zweiten zwei und dreißig, und zum dritten vier und sechzig Gran, dieses Stoffs. Ich bediente mich hierzu allemal des nämlichen Apparats, so daß die Dicke der Umhüllung immer dieselbe blieb.

Die Resultate dieser drei Experimente sind in nachstehender Tafel enthalten.

Abnahme der Wärme.	Die Umhüllung von Eiderdun bestand aus folgenden Quantitäten dieser Substanz.		
	16 Gran.	32 Gran.	64 Gran.
	Zeitdauer.	Zeitdauer.	Zeitdauer.
von 70° zu 60°	97″	111″	112″
= 60 = 50	117	128	130
= 50 = 40	145	157	165
= 40 = 30	192	207	224
= 30 = 20	267	304	326
= 20 = 10	486	565	658
von 70° zu 10°	1304	1472	1615

Als ich mich durch diese Versuche überzeugt hatte, daß die Dichtheit einer Umhüllung oder Bekleidung, auf das Vermögen derselben, die Wärme zu beschränken, überaus vielen Einfluß hat, wenn ihre Dicke immer dieselbe bleibt, so suchte ich nunmehro zu entdecken, wie ihre innere Struktur, oder ihr Bau sich zu diesem nämlichen Vermögen verhält, wenn ihre mittlere Dichtheit und ihre Dicke dieselben bleiben.

Unter dem Ausdruck innere Struktur verstehe ich die mehr oder minder gleiche Vertheilung des Stoffs, woraus die Umhüllung besteht, in dem Raume welchen sie einnimmt. Dieser Stoff kann zuweilen, wie z. B. rohe Seide, sehr dünn oder zart, und in dem ganzen Raume gleichförmig vertheilt seyn; oder er kann vielleicht gröber seyn und größere Zwischenräume haben, wie z. B. eine Umhüllung, die aus kleinen Stückchen starker Fäden, dergleichen man sich zum Nähen bedient, oder aus Scharpie besteht.

Wenn die Wärme durch die Substanzen, woraus man eine Umhüllung verfertigt, wirklich hindurch dränge, und wenn die Kraft einer solchen Umhüllung, derselben Einhalt zu thun, bloß auf

der grössern oder mindern Schwierigkeit beruhte, welche die Wärme, wenn sie die festen Bestandtheile der Umhüllung durchdringen will, vor sich findet, so müßte die Kleidungswärme (chaleur vestimentale) einer Umhüllung, alles übrige abgerechnet, sich eben so verhalten, wie die Substanz, deren man sich bedienet, sie zu Stande zu bringen. Allein sowohl aus den vorigen Experimenten, als auch aus denen, die wir in der Folge noch anführen werden, ergiebt sich daß dieses keineswegs die Art und Weise ist, wie sich die Wärme verbreitet.

Vermittelst einer meines frühern Experimente hatte ich die Kleidungswärme von sechszehn Gran roher Seide, die ich in einem gewissen Raume rings um eine Thermometerkugel gleichförmig vertheilt hatte, zu bestimmen gesucht. Jetzt wiederholte ich dieses Experiment noch zweimal, nur mit dem Unterschiede, daß ich die Thermometerkugel das erstemal mit sechszehn Gran einer Art von Scharpie umgab, die aus einem Stückchen weißen Taffent verfertigt war, das zweitemal aber mit sechszehn Gran weißer Nähseide, die in kleine, zwei Zoll lange Stückchen zerschnitten waren. Die Resultate dieser Experimente sind in nachstehender Tafel verzeichnet. Mein Apparat wurde in kochendem Wasser erwärmt,

und in einer Mischung, die aus Wasser und zerstos-
senem Eis bestand, wieder abgekühlt.

Abnahme der Wärme.	Substanzen, woraus die Umhüllung bestand.		
	16 Gran rohe Seide.	16 Gran zerzupfter Taffent.	16 Gran seidene Faden.
	Zeitdauer.	Zeitdauer.	Zeitdauer.
von 70° zu 60°	94″	90″	67″
= 60 = 50	110	106	79
= 50 = 40	133	128	99
= 40 = 30	185	172	135
= 30 = 20	273	246	195
= 20 = 10	489	427	342
von 70° zu 10°	1284	1169	917

Als ich mich durch diese Experimente überzeugt hatte, daß die Kleinheit der Partikeln oder Fasern des Stoffs, dessen man sich zur Umhüllung bedienet, überaus viel zur Kleidungswärme derselben beiträgt, so machte ich folgende Versuche, um die Wirkung bestimmen zu können, welche die Verdichtung (con-

densation) der Umhüllung hervorbringt, wenn man die Dicke derselben vermindert, und dennoch die Quantität der Substanz, woraus sie verfertigt wird, immer die nämliche bleibt.

Da ich bereits vermittelst der vorhergehenden Experimente die Kleidungswärme solcher Umhüllungen, die aus roher Seide, Wolle, Baumwolle und Linnen bestehen, in dem Falle bestimmt hatte, wenn man von jeder dieser Substanzen sechszehn Gran nimmt, und hieraus um die Kugel eines Thermometers, die einen halben Zoll im Durchmesser hat, eine kugelförmige Umhüllung verfertigt, deren Dicke einen halben Zoll beträgt, so nahm ich nunmehro von einer jeden dieser vier Substanzen sechszehn Gran Faden, die jedoch nur mittelmäßig dick waren, und machte damit vier neue Versuche.

Anstatt den Raum zwischen der Kugel des Thermometers und der innern Fläche der großen Kugel, in deren Mitte die erstere enthalten war, mit jenen Fäden ganz auszufüllen, wickelte ich dieselben um die Kugel des Thermometers, so daß diese völlig das Ansehen eines kleinen Knauls hatte.

Nun brachte ich die solchergestalt umwickelte Thermometerkugel, eben so wie zuvor, in der Mitte

einer

einer gläsernen Kugel an, welche anderthalb Zoll im Durchmesser hatte, und woran sich ein (zehn Zoll langer) Hals befand, welcher so weit war, daß die auf die oben beschriebene Art umwickelte Kugel des Thermometers, nebst der daran befindlichen Skale, hineingieng.

Die Resultate dieser vier Experimente sind aus nachstehender Tafel zu ersehen, und damit man solche mit jenen vergleichen kann, die ich jedesmal herausbrachte, wenn ich dieselbe Quantität dieser Substanzen nahm, und sie nur auf andere Art vertheilte, so habe ich die Resultate dieser mit einander zu vergleichenden Versuche neben einander gesetzt.

Abnahme der Wärme.	Von einer jeden der hier verzeichneten Substanzen wurden 16 Gran zur Umhüllung der Thermometerkugel genommen.							
	Seide.		Wolle.		Baumwolle.		Linnen.	
	roh.	in Faden.	roh.	in Faden.	roh.	in Faden.	roh.	in Faden.
von 70° zu 60°	95″	46″	79″	46″	83″	45″	80″	46″
= 60 = 50	110	62	95	63	95	60	93	62
= 50 = 40	133	95	118	89	117	83	115	83
= 40 = 30	185	121	162	126	152	115	150	117
= 30 = 20	173	192	238	200	221	179	218	180
= 20 = 10	489	399	426	410	378	370	376	383
von 70° zu 10°	1214	904	1118	934	1046	852	1032	873

Es würde mich zu weit führen, wenn ich hier alle jene Erfahrungen der Länge nach angeben wollte, die ich bei meinen Versuchen, welche ich in der Ab-

ficht veranstaltete, die Art und Weise zu erforschen, wie die Wärme durch die verschiedenen Umhüllungen sich fortpflanzt, gemacht habe. In meinen Memoiren, die bereits im Druck erschienen sind, habe ich in Betreff dieses Gegenstandes Alles gesagt, was sich vernünftiger Weise darüber sagen läßt. Für jetzt habe ich nicht nur den Weg, welchen ich bei meinen Forschungen gleich von Anfang einschlug, sondern auch den Gegenstand, welchen ich hierbei vor Augen hatte, genau angegeben. Nun mögen die Gelehrten entscheiden, ob dieser Weg der rechte war, und ob ich denselben mit Eifer und Beharrlichkeit fortsetzte.

Hier folgen nun noch einige Bemerkungen und Beobachtungen, welche durch meine damaligen Versuche veranlaßt wurden. *)

„Alle und jede Substanzen deren ich mich bis dahin bedient hatte, die (in der Mitte einer im Durchmesser anderthalb Zoll starken gläsernen Kugel enthaltene) Thermometerkugel zu umhüllen, hatten die Wärme bald mehr bald weniger beschränkt, und sie gehindert, in die Kugel des Thermometers früher hinein oder aus derselben herauszudringen. — Hier entstand nun die wichtige noch immer unbeantwor-

*) S. den 11ten Band meiner Versuche (Essais) S. 451.

tete Frage: wie und vermittelst welcher mechanischen Operation, haben die eben erwähnten Umhüllungen diese Wirkungen hervorbringen können?

„So viel ist richtig, daß das spätere Kaltwerden der Thermometerkugel unmöglich eine Folge der nichtleitenden Kraft derjenigen Substanzen seyn kann, woraus die Umhüllungen bestanden, in so fern man dieselben aus dem Gesichtspunkte betrachtet, als hätten sie das Durchdringen der Wärme verzögert. Denn wenn man auch, anstatt sie bloß für schlechte Leiter (conducteurs) der Wärme zu halten, für bekannt annehmen wollte, daß sie von der Wärme gar nicht durchdrungen werden könnten, so würde doch ihr Volumen, d. h. die Summe aller ihrer festen Theile oder Fasern, nach Verhältniß des Raums welchen sie einnehmen, so unbedeutend seyn, daß solche auf die Luft, womit ihre Zwischenräume ausgefüllt sind, entweder gar nicht zu wirken vermöchten, oder diese nämliche Luft würde schon an und für sich hinreichend seyn, die ganze Wärme welche derselben mitgetheilt wird, in weit kürzerer Zeit fortzuleiten, als zu den oben erwähnten Versuchen erforderlich war. Hier der Beweis zu diesem Satz!

„Der Durchmesser der gläsernen Kugel hielt 1. 6 Zoll; mithin war ihr Umfang = 2. 1466 eines

Kubikzolls. Der Durchmesser der Thermometerkugel war 0. 55 eines Zolls, und ihr Umfang = 0. 08711 eines Zolls. Wenn man nun den Umfang der gläsernen Kugel = 2. 1466 Zoll, von jenem der Thermometerkugel = 0. 08711 abzieht, so bleiben 2. 05755 Kubikzoll, als Maaß des Raums, welchen die Substanzen einnahmen, deren man sich zur Umhüllung der Kugel des Thermometers bediente.

„Wiewohl die eben erwähnten Substanzen jenen Raum einnahmen, so füllten sie ihn doch, wie man ohne mein Erinnern wahrnehmen wird, bei weitem nicht aus; sondern es war vielmehr in dem gedachten Raume ein großer Theil Luft enthalten, der in den kleinen Zwischenräumen der nahe erwähnten Substanzen sich aufhielt und sie ausfüllte.

„So war zum Beispiel, bei einem meiner Experimente die Kugel von sechszehn Gran roher Seide umhüllt. Da ich nun die Erfahrung gemacht hatte, daß sich die spezifische Schwere der Seide, zu jener des Wassers, wie 1734 zu 1000 verhält, so folgt daß das Volumen von sechszehn Gran Seide, dem Volumen von 9. 4422 Gran Wasser gleichkam. Da nun ferner ein Kubikzoll Wasser 253. 185 Gran wiegt, so ergiebt sich hieraus unwidersprechlich, daß man das Volumen von 9. 4422 Gran Wasser, da dasselbe

gerade so viel am Gewicht beträgt, wie das Volumen von sechszehn Gran Seide, aufs höchste nur zu 0. 037294 anschlagen kann.

„Nun wissen wir aber, daß der Raum, welchen diese kleine Quantität Seide (= 0. 037294 eines Kubikzolls) einnimmt, sich = 2. 05755 Kubikzoll verhielt; mithin ist es erwiesen, daß, da sich 0. 037294 zu 2. 05755 wie 1 zu 54 verhält, die Seide, deren ich mich bei dem gedachten Experimente bediente, mehr nicht als ungefähr $\frac{1}{55}$ des Raums ausfüllen konnte, worin sie enthalten war."

Je länger man über diese Erfahrungen nachdenkt, desto mehr wird man von der Wichtigkeit der daraus hervorgehenden Resultate frappirt. Ich habe mir dieselben nie erklären können, ohne der Hypothese, vermöge welcher man annimmt, daß sich die in der Luft befindliche Wärme von einer Partikel dieses Fluidums unmittelbar zur andern verbreite, ganz zu entsagen.

Meine Forschungen über die Verbreitung der Wärme in flüssigen Dingen, sind sattsam bekannt. *)

*) Eine umständliche Beschreibung meiner in Hinsicht dieses interessanten Gegenstandes angestellten Forschun-

Man wird daraus ersehen haben, wie und auf welche Art ich durch die Resultate meiner zahlreichen Experimente veranlaßt wurde, die Meinungen anzunehmen, welche ich in Betreff dieses Gegenstandes in meinen Schriften dargestellt habe.

Ich habe die Einwendungen, welche man den Folgerungen, die ich aus meinen Experimenten gezogen habe, entgegengestellt hat, mit der äußersten Sorgfalt geprüft, ich kann aber mit Wahrheit behaupten — und dies zu sagen ist Pflicht — daß mir weder in diesen Einwürfen, noch in dem Resultate irgend eines neuen zu meiner Kenntniß gelangten Experiments, das mindeste vorgekommen ist, das mir zu einem hinreichenden Grunde dienen könnte, meine Meinung in Betreff dieser Thatsache zu ändern. In einer Abhandlung, die ich im verflossenen Jahre an die königliche Societät zu London sandte *), glaube ich erwiesen zu haben, daß das Was-

gen, findet man in meinem siebenten Versuche, der im Jahre 1797 zu London, und zwar in zwei Theilen, welche zusammen 188 Oktavseiten enthalten, ans Licht getreten ist.

*) Eine Teutsche Uebersetzung derselben wird man am Ende dieser Memoiren finden.

ser wirklich ein Nichtleiter (non - conducteur) der Wärme ist, wie ich es bereits vor sechs Jahren vermuthete.

Jetzt habe ich nur noch ein Paar Worte über die verschiedenen Versuche zu sagen, die ich zu verschiedenen Zeiten in der Absicht machte, um, wenn es irgend möglich wäre, die so äußerst wichtige Streitfrage die Materialität der Wärme betreffend, worüber sich die Gelehrten schon seit so langer Zeit gestritten haben, auf eine entscheidende Art beantworten zu können.

Die, welche die Wärme für eine Substanz halten, müssen nothwendig annehmen, das sie ins Gewicht fällt. Wenn nun die Erhitzung eines Körpers davon herrührt, daß diese Substanz in gedachtem Körper sich anhäuft, so muß ein solcher Körper natürlicher Weise schwerer seyn wenn er warm als wenn er kalt ist. Einige Physiker haben diesen Punkt zu bestimmen gesucht; ich getraue mir aber zu behaupten, daß niemand in dieser Rücksicht entscheidendere Experimente gemacht hat, als ich. *)

*) Eine Abhandlung, worin ich alle in dieser Hinsicht von mir angestellten Versuche ausführlich beschrieben

Ich war mit vortrefflichen Instrumenten versehen, und sparte weder Mühe noch Kosten um vermittelst meiner Experimente zu einer überzeugenden Gewißheit zu gelangen.

Hier sind in wenig Worten die Resultate davon.

Ich ließ mir eine Kugel von überaus feinem Golde machen, und wog diese, wenn sie völlig kalt war, dann abermals wenn ich sie dergestalt erhitzt hatte, daß sie dem Schmelzen nahe war. — Ferner wog ich eine beträchtliche Menge Wasser, die ich in einem Kolben hermetisch versiegelt hatte; anfangs in seinem flüssigen Zustande, dann in der Temperatur zerschmolzenen Eises, hierauf als wirkliches Eis, und wieder in derselben Temperatur. — Alle diese Versuche überzeugten mich, daß das Gewicht eines Körpers durch die Wärme nicht im geringsten verändert wird.

Wiewohl nun die Resultate dieser Versuche die Folge hatten, daß ich dadurch in den Zwei-

habe, steht in den philosophischen Transaktionen von 1799 und in meinen philosophischen Memoiren S. 366.

feln, die bereits durch eine Menge anderer Naturerscheinungen, im Betreff der Existenz des Wärmestoffs in meinem Kopfe entstanden waren, nur noch mehr bestärkt wurde, so sah ich doch zugleich nur allzu gut ein, daß dadurch der wesentlichste Punkt der Streitfrage noch lange nicht entschieden wurde. Die Vertheidiger des Wärmestoffs konnten noch immer einwenden (wie sie es auch wirklich gethan haben) diese Materie sey viel zu subtil, als daß man sie auf unsern gewöhnlichen Waagen abwägen könne.

Nachdem ich lange auf ein Mittel gedacht hatte, dieses wichtige Problem vermittelst eines völlig entscheidenden Experiments ganz außer Zweifel zu setzen, glaubte ich endlich, dasselbe ausfindig gemacht zu haben, — und ich glaube dies auch noch jetzt.

Ich stellte mir nämlich vor, wenn es mit der Existenz des Wärmestoffs seine Richtigkeit hätte, so sey es schlechterdings nicht möglich, daß ein Körper oder mehrere isolirte Körper, die zusammen ein Ganzes ausmachen, diese Substanz mehrern andern Körpern, von welchen sie umgeben wären, un-

unterbrochen mittheilen könnten, ohne daß ihnen diese Substanz nach und nach gänzlich entgienge.

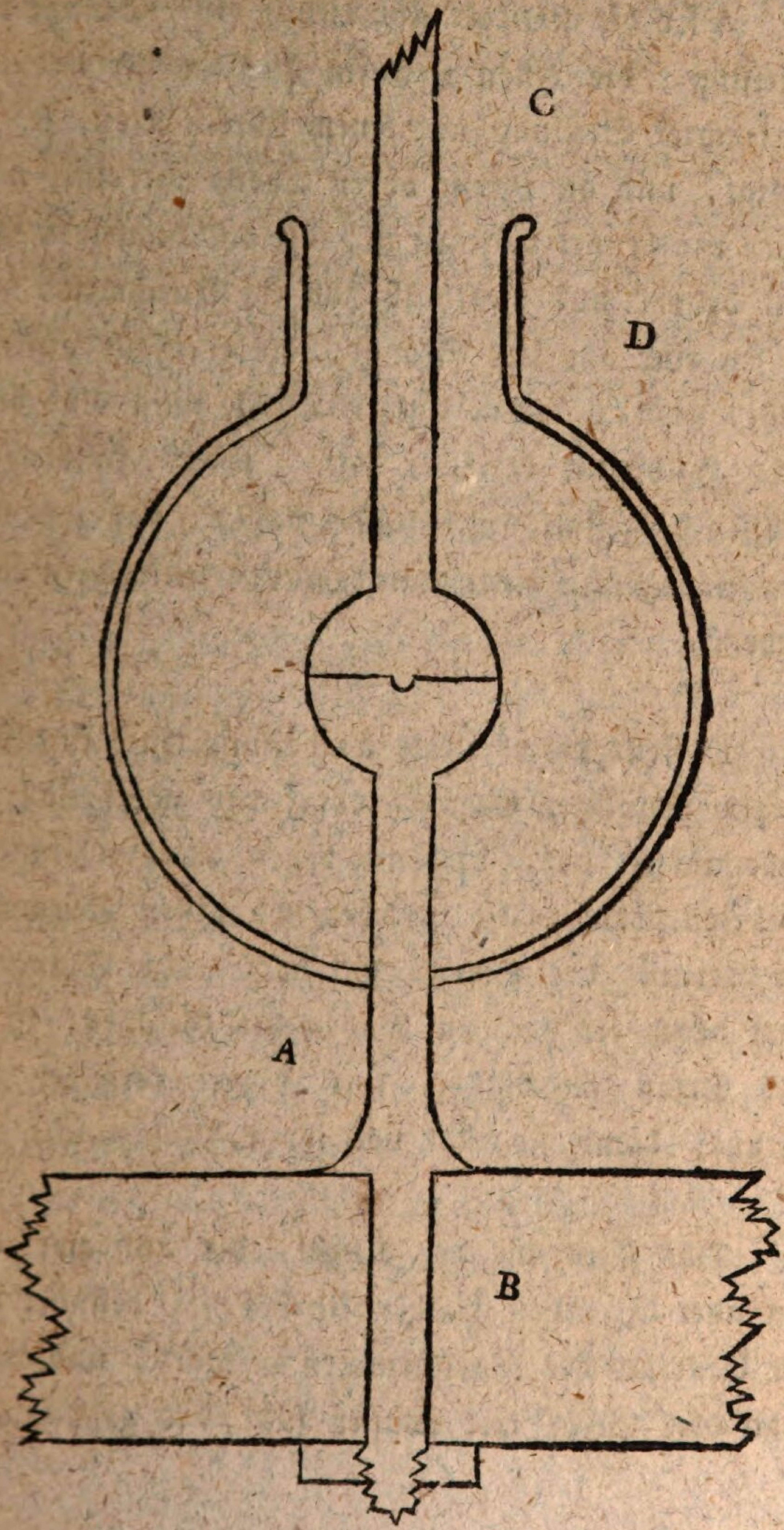
Ein mit Wasser angefüllter Schwamm, den man an einem Faden in die Mitte eines mit trockener Luft angefüllten Zimmers hängt, theilt zwar dieser Luft seine Feuchtigkeit mit; bald darauf aber verdunstet das Wasser, und der Schwamm kann nun keine Feuchtigkeit mehr von sich geben. — Eine Glocke hingegen, tönt wenn man an dieselbe schlägt, ununterbrochen fort, und giebt, so oft als man will, einen Schall von sich, ohne daß man je die mindeste Abnahme bemerkt. — Die Feuchtigkeit ist eine Substanz; der Schall aber ist keine.

Es ist bekannt, daß zwei harte Körper, wenn man sie an einander reibt viel Hitze von sich geben. Können sie diese geben ohne endlich erschöpft zu werden? Hierüber mag die Erfahrung entscheiden.

Es wäre zu weitläuftig, wenn ich hier alle jene Experimente ausführlich beschreiben wollte, die ich in der Absicht veranstaltete, diese wichtige Streitfrage auf eine entscheidende Art beantworten zu können. Man findet dieselben in meiner Abhandlung über die Entstehung der Wärme, welche

die Friktion erregt. Ich habe sie zwar in den philosophischen Transaktionen vom Jahr 1798 mit abdrucken lassen; indeß haben jene Experimente auf meine neuere über die Wärme gemachten Versuche zu großen Bezug, als daß ich hier nicht wenigstens einen Versuch machen sollte, dem Leser von jenen Experimenten und ihren Resultaten eine deutliche Idee beizubringen.

Der Apparat, dessen ich mich bei diesen Versuchen bediente, ist zu komplicirt, als daß er sich hier abbilden läßt; indeß wird es dem Leser mit Beihülfe der unter dem Texte stehenden Figur, nicht schwer seyn, sich von dem Hauptexperimente und dessen Resultaten einen Begriff zu machen.


C
D
A
B

A sey die vertikale Abtheilung einer Stange von Messing, die einen Zoll im Durchmesser hat, in senkrechter Stellung auf einem starken Klotz, B, befestigt, und an ihrem obern Theile mit einer massiven Halbkugel versehen ist, die aus demselben Metall besteht und vierthalb Zoll im Durchmesser hat. C sey eine ähnliche Stange, die ebenfalls aufrecht steht, und an derem untern Theile man eine ähnliche Halbkugel befestigt hat. Beide Halbkugeln müssen dergestalt auf einander passen, daß jene beiden Stangen in einer schnurgeraden senkrechten Linie stehen.

D stellt die vertikale Abtheilung eines kugelförmigen metallnen Gefäßes vor, das zwölf Zoll im Durchmesser hat, und mit einem cylinderförmigen drei Zoll hohen Halse versehen ist, dessen Durchmesser drei und drei Viertel Zoll hält. Die Stange A geht durch ein Loch am Boden des Gefäßes, ist an das Gefäß angelöthet, und dienet derselben zur Stütze, damit sie nicht von ihrem Platz weicht.

Das Centrum der Kugel, die aus zwei auf einander liegenden Halbkugeln besteht, befindet sich im Centrum des kugelförmigen Gefäßes, und wenn man dies Gefäß mit Wasser füllt, so geht solches

sowohl über die Kugel, als auch über einen Theil von jeder der vorerwähnten zwei Stangen.

Wenn man nun die beiden Halbkugeln stark auf einander drückt, und zugleich die Stange C (gleichviel übrigens auf welche Art) um ihr Axe drebt, so entwickelt sich, vermittelst der Friktion welche zwischen den platten Oberflächen der beiden Halbkugeln statt findet, überaus viele Wärme.

Die Quantität der auf diese Art erregten Wärme, verhält sich genau so, wie die Kraft, womit die beiden Oberflächen gegen einander gedrückt werden, und wie die Geschwindigkeit ihrer Reibung. Wenn diese Kraft so stark war, wie der Druck von 10,000 Pfund Gewicht, und wenn die Stange so schnell um ihre Axe gedreht wurde, daß sie in einer Minute zwei und dreißig mal herumlief, so war die Quantität der Wärme, welche durch das unaufhörliche Auseinanderreiben der beiden Oberflächen hervorgebracht wurde, außerordentlich stark. Sie glich alsdann derselben Quantität, welche die Flamme von neun mittelmäßig starken Wachsstöcken von sich geben, die sammt und sonders lichterloh brennen.

Die Quantität der Wärme, welche auf diese Art binnen einer gewissen Zeitdauer hervorgebracht

wird, bleibt offenbar immer dieselbe, sowohl wenn das kugelförmige Gefäß, D, mit Wasser angefüllt ist, und die in diesem Fluidum befindlichen Oberflächen der beiden Halbkugeln sich an einander reiben, als auch wenn in dem kugelförmigen Gefäß kein Wasser befindlich, und der Apparat, wodurch das Reiben bewirkt wird, bloß von der Luft umgeben ist.

Die Quelle der Wärme, welche sich vermittelst dieses Apparats entwickelt, ist unerschöpflich.

So lange man die Stange C um ihre Achse dreht, so lange wird durch den Apparat Wärme bewirkt, und immer im nämlichen Ueberfluß.

Wenn man das kugelförmige Gefäß, D, mit Wasser anfüllt, so wird solches immer wärmer, und fängt endlich an zu kochen. Ich selbst habe auf diese Art eine beträchtliche Quantität Wasser ins Kochen gebracht.

Veranstaltet man dieses Experiment im Winter, zu einer Zeit, wo die Temperatur der Luft eben nicht gar hoch über dem Gefrierpunkt steht, und füllt man das Gefäß D mit einer aus Was-

ser

ser und zerstoßenem Eise bestehenden Mischung, so läßt sich die Quantität der binnen einer gewissen Zeitdauer durch das Aneinanderreiben der beiden Oberflächen verursachten Wärme, sehr genau angeben, und zwar nach der Quantität des Eises, welches bei dieser Wärme zerschmilzt.

Da der Apparat ununterbrochen und immer in gleichem Maaße, Wärme verschafft, so kann man auf diese Art so viel Eis schmelzen, als man nur will.

Woher nun aber diese Wärme? — Dies ist der streitige Punkt, auf dessen Berichtigung dieses Experiment eigentlich abzweckte.

Gewiß ist, daß dieselbe weder von der Zersetzung des Wassers herrührt, noch von der Zersetzung der Luft. Einige hierüber angestellte Versuche, die ich in meiner in die philosophischen Transaktionen eingerückten Abhandlung ausführlich beschrieben habe, sind mehr als hinreichend, diese Thatsache außer Zweifel zu setzen.

Eben so wenig rührt sie von einer Veränderung der Empfänglichkeit für die Wärme her, die etwa durch die Reibung in dem Metall, woraus die bei-

den Halbkugeln bestanden, bewirkt worden wäre. Dies beweiset vors erste, die Fortdauer und Einförmigkeit in Hervorbringung der Wärme, zweitens eine hierauf unmittelbaren Bezug habende Erfahrung, wodurch ich überzeugt wurde, daß in der Empfänglichkeit des Metalls nicht die mindeste Veränderung vorgegangen war.

Eben so wenig rührt sie von den Stangen her, die an den beiden Halbkugeln befestigt waren, denn diese Stangen waren immerfort warm, da ihnen die gedachten Halbkugeln die darin befindliche Hitze mittheilten.

Aus der Luft oder aus dem Wasser, wovon die gedachten Halbkugeln unmittelbar umgeben waren, konnte diese Wärme noch weniger kommen, da der Apparat selbige diesen beiden Flüssigkeiten ununterbrochen mittheilte.

Woher also diese Wärme? Und was ist denn eigentlich Wärme?

Ich muß gestehen, daß ich mir die Resultate jener Erfahrung von jeher unmöglich auf eine andere Art erklären konnte, als wenn ich meine Zuflucht zu

der uralten Lehre nahm, welche sich auf die Voraussetzung gründet, daß die Wärme nichts anders ist als eine vibrirende Bewegung, die in den Bestandtheilen der Körper vorgeht.

Eine Glocke welche man anschlägt, giebt sogleich einen Laut von sich, und die durch diese Vibrationen verursachten Schwingungen der Luft erregen sogleich eine zitternde Bewegung in den Körpern, die von denselben berührt werden. — Ein mit Wasser angefüllter Schwamm hingegen, kann seine Feuchtigkeit den in der Nähe desselben befindlichen Körpern nicht lange mittheilen, ohne selbst daran Mangel zu leiden.

Ein sehr angesehener Gelehrter, für den ich von jeher die aufrichtigste Hochachtung hegte, und den ich noch überdies unter meine vertrautesten Freunde zu zählen das Glück habe, nämlich Herr Bertholet, hat in seinem vortrefflichen Versuche einer chemischen Statik die Probe gemacht, das Resultat dieser Erfahrung zu erklären, und es mit jener Theorie der Wärme, welche sich auf die Hypothese vom Wärmestoff gründet, in Uebereinstimmung zu bringen.

Wenn ein so gelehrter, so rechtschaffener, so achtungswürdiger und so berühmter Mann, wie Herr Bertholet ist, sich die Mühe nicht verdrießen läßt, die Irrthümer eines Naturforschers oder Chemikers zu widerlegen, so kann und darf man nicht schweigen, ohne sich für überwunden zu erklären. Kann man aber — und ein Glück ist es für alle die, welche sich zu dergleichen Vertheidigungen veranlaßt finden — den Beweis führen, daß die Einwürfe des Herrn Bertholet keinen Grund haben, so hat man sehr viel gethan, um die Meinungen und Thatsachen, worauf es hier ankömmt, außer Zweifel zu setzen.

Ich will nun einen Versuch machen, die Einwürfe, welche Herr Bertholet meiner Erklärung der durch obige Versuche herausgebrachten Erfahrungen entgegengestellt hat, zu beantworten, und damit der Leser in Stand gesetzt werde, diese Einwürfe richtig beurtheilen zu können, will ich dieselben mit den eigenen Worten des Verfassers hieher setzen.

„Graf Rumford hat in Betreff der Wärme,
„die durch das Reiben bewirkt werden kann, einen
„kuriösen Versuch gemacht. Er läßt nämlich einen
„stumpfen Bohrer sehr schnell (dieser Bohrer

„drehte sich in Zeit von einer Minute nur
„zwei und dreißig mal um seine Achse)
„in einem messingenen Cylinder, der nach Englischem
„Gewicht dreizehn Pfund hat (der Cylinder wog
„hundert und dreizehn Pfund, und noch
„etwas darüber) herumdrehen, und will be-
„merkt haben, daß dieser Bohrer in Zeit von zwei
„(drittehalb) Stunden, vermittelst eines Drucks,
„welcher dem Drucke von hundert Centnern gleichkam,
„4145 Gran Messing (= $8\frac{1}{2}$ Unze Troygewicht) zu
„Staub zermalmte, und daß sich während dieser Ope-
„ration eine Menge Wärme entwickelt habe, die ver-
„mögend gewesen wäre 26. 38 Pfund bis zum Ge-
„frierpunkt erkaltetes Wasser zum Kochen zu brin-
„gen. Er behauptet, zwischen dem spezifischen Wär-
„mestoff des Metallstaubes und jenem des Messings,
„welches von der Friktion frei blieb, nicht den min-
„desten Unterschied wahrgenommen zu haben. Er
„vermuthet daher, daß die Wärme bloß durch den
„Druck hervorgebracht werde, und keineswegs vom
„Wärmestoff herrühre, wie es die Meinung der
„meisten Chemiker ist.

„Ich will es für jetzt bloß dabei bewenden las-
„sen, zu untersuchen, ob aus dem Resultate dieses
„Experiments nothwendig folgt, daß man die in Be-

„treff des Wärmestoffs angenommene Theorie völlig „aufgeben und den Wärmestoff als eine Substanz be„trachten müsse, die sich mit den Körpern vereinba„ret; oder ob sich dies nicht dadurch auf eine befrie„digende Art erklären läßt, wenn man die Naturge„setze, nach welchen sich die Wirkungen desselben un„ter andern Umständen äußern, auf vorliegenden „Fall anwendet.

„Wenn man die Entwickelung des Wärmestoffs „als eine Folge der durch den Druck bewirkten Ver„minderung des Volumens betrachtet, so mußte nicht „etwa nur das zerriebene Metall, sondern zugleich „auch alle übrigen Theile des messingenen Cylinders, „obgleich nicht auf einerlei Art zu dieser Entwickelung „beitragen, und zwar durch die gewaltsame Ausdeh„nung desjenigen Theils, der am meisten durch den „Druck litt, folglich den höchsten Grad der Tempe„ratur annehmen mußte, ohne gegen die min„der erhitzten und minder ausgedehnten Theile, die „nach Verhältniß dieser nämlichen Temperatur un„umgänglich nöthigen Dimensionen annehmen zu „können, so daß hieraus schlechterdings eine gewisse „Verdichtung des Metalls nach Verhältniß der ihm „von Natur eigenen Dimensionen entstehen mußte, „die von der Stelle an, wo der Druck am stärksten

„war, bis gegen die Oberfläche hin, nach und nach „abnahm. Man kann voraussetzen, daß sich diese „Wirkung auf gleiche Art über alle Theile des Cylin„ders erstreckte.

„Dem zufolge mußte sich durch die Verminde„rung des Volumens eine Wärme entwickeln, die „derjenigen gleichkam, welche durch eine ähnliche „Vermehrung des Volumens bewirkt worden wäre, „und zwar in der Voraussetzung, daß die spezifische „Wärme des Metalls in diesem Umfange der Ther„mometerskale sich nie ändert, und die Ausdehnun„gen immer gleichförmig seyen; wie sich denn solches „in Ansehung der Temperaturen und den zunächst „folgenden Ausdehnungen wenig von der Wirklichkeit „entfernen wird. Die ganze Wärme, welche sich „entwickelt hatte, würde dem Cylinder die Tempe„ratur von ungefähr 160 Grad des Reaumur'schen „Thermometers mitgetheilt haben, und wenn die „Ausdehnung des Messings durch die Wärme, der„jenigen gleichkam, welche man am Eisen wahrge„nommen hat, und die $\frac{1}{7500}$ auf jeden Grad des „Thermometers beträgt, so würden alle 180 Grad „eine Ausdehnung von $\frac{18}{2500}$ in jeder seiner Dimen„sionen bewirkt haben, und die Verminderung des „Volumens hätte, wenn man voraussetzt, daß der

„Druck mit jener Vermehrung in gleichem Verhält-
„niß stand, denselben Grad von Wärme bewirken
„müssen.

„Nun wird aber durch den Widerstoß, durch
„die Bewegung des Schwengels, und durch das Zu-
„sammendrücken der Zieheisen, in der spezifischen
„Schwere der Metalle eine Veränderung bewirkt,
„die mitunter sehr merklich ist. So scheint es zum
„Beispiel, daß dadurch die spezifische Schwere der
„Platina und des Eisens, welches man schmiedet,
„um den zwanzigsten Theil vermehrt wird.

„Hieraus erhellet, daß das Experiment des
„Grafen von Rumford bei weitem nicht hinrei-
„chend ist, um vermittelst desselben eine anerkannte
„und von niemandem bezweifelte Eigenschaft auf
„eine befriedigende Art zu erklären.

„Es ist zwar leicht, die Phänomene welche der
„Wärmestoff veranlaßt, auf eine imposante Art an
„einander zu reihen; wenn man aber zu jemandem,
„der von chemischen Spekulationen wenig oder gar
„keine Kenntniß hat, sagen wollte: der Cylinder des
„Grafen von Rumford hat in Zeit von zwei
„Stunden, vermittelst einer heftigen Reibung, so

„viel Wärme von sich gegeben, als funfzehn Kilo-
„gramme, = 30 Pfund, 21 Loth, 3 Drachmen 15
„Gran, Eis einsaugen mußten, um sich, ohne die
„Temperatur zu verändern, in Wasser aufzulösen,
„oder als zwei Hektogramme, = 6½ Unze oder 13
„Loth, Sauerstoffgas nöthig haben würden, um
„sich mit dem Phosphor zu vereinigen, — so weiß
„ich nicht, über welches von diesen Phänomenen er
„sich am meisten verwundern würde.

„Die kleinen Veränderungen welche sich in der
„Quantität des kombinirten Wärmestoffs ereignen
„können, haben einen so unbedeutenden Einfluß
„auf das Wirkungsvermögen des Wärmestoffs, der
„in dem geringen Umfange einer Thermometerskale
„enthalten ist, daß sich derselbe gar nicht berechnen
„läßt. Auch fehlt es uns noch immer an hinlängli-
„chen Angaben, um zu erforschen, wie eigentlich die
„Veränderungen beschaffen sind, welche, was die-
„sen Punkt anbetrifft, in einem festen Körper nach
„dem jedesmaligen Zustande der Verdichtung, in die
„man ihn vermittelst einer mechanischen Kraft und
„von einander entfernter Wärmetemperaturen, ge-
„setzt hat, vorgehen.

„Ueberdies hatte Rumford während des Ex-

„periments wodurch er die spezifische Wärme der da„durch erhaltenen gefeilten Glockenspeise zu erforschen „suchte, dieselbe bis zur Temperatur kochenden Was„sers erhitzt. Dieses äußerst elastische Mineral mußte „aber ganz natürlicher Weise, so bald es sich wieder „selbst überlassen befand, und besonders während „der eben erwähnten Operation, dieselbe Ausdeh„nung und das nämliche Verhältniß der Wärme, „welches ihm unter einer gewissen Temperatur zu„kömmt, wieder annehmen, so daß die Wirkung des „Drucks, welchen es ausgehalten hatte, zum Theil „wieder verschwand, so wie ein stark zusammenge„hämmertes Metall, so bald man es ausglühet, seine „natürlichen Eigenschaften wieder annimmt."

Gegen diese Bemerkungen habe ich Folgendes zu erinnern:

1) Die von mir gemachte Entdeckung, daß in der spezifischen Wärme des durch die Reibung entstandenen Metallstaubes keine merkliche Veränderung vorgegangen war, brachte mich keineswegs auf die Vermuthung, daß die durch das Experiment erregte Wärme nicht von dem Wärmestoff, welcher sich während desselben entwickelt hatte, herrühren könne. Ich fand nur, daß die Quelle dieser Wärme unerschöpflich sey. Diese Erscheinung — welche man

noch immer nicht erklärt hat — zu erklären, das ist es, worauf es hier eigentlich ankömmt, und ich sehe nicht ein, wie sich dieselbe erklären läßt, wofern man nicht die in Betreff des Wärmestoffs angenommene Hypothese ganz aufgiebt.

2) Wenn man auch wirklich (was jedoch noch lange nicht erwiesen ist) annimmt, daß das bloße Zusammenpressen eines Metalls hinreichend sey, den darin befindlichen Wärmestoff herauszudrücken, so würde doch die Erklärung solcher Naturerscheinung wenig oder gar nicht gefördert werden; denn da die Wirkung der zusammendrückenden Kraft anhaltend ist, so würde die vermittelst dieser Kraft bewirkte Verdickung des Metalls in kurzer Zeit den höchsten Grad erreichen; und wenn sich auch wirklich vermöge dieser Operation noch so viel Wärmestoff aus dem Metall entwickelt hätte, so würde sich derselbe dennoch nur allzu bald zertheilen müssen. Die trottirten Oberflächen hingegen geben immerfort Wärme von sich, und zwar immer in derselben Menge. —

3) Was den Einwurf gegen das Experiment anbetrifft, welches in der Absicht veranstaltet wurde, hiernach zu bestimmen, ob in der Empfänglichkeit

des Metallstaubes für die Wärme eine Veränderung vorgegangen sey, so ist dieselbe sehr leicht und auf eine solche Art zu beantworten, gegen welche sich meines Erachtens gar nichts einwenden läßt. Wenn nämlich die Temperatur des kochenden Wassers hinreichend gewesen wäre, um diesen kleinen stark zusammengedrückten Metallpartikeln so viel Wärme zu verleihen, als dazu erforderlich war, sie in Betreff der Empfänglichkeit für die Wärme wieder in ihren ursprünglichen Zustand zu versetzen, so müßten selbige, da das Wasser, von welchem der Apparat umgeben war, endlich zu kochen anfieng, die benöthigte Wärme unstreitig von diesem nämlichen Wasser erhalten haben. Wenn nun aber die gedachten Metallpartikeln den Wärmestoff, welche sie dem Wasser anfänglich mitgetheilt hatten, am Ende wieder aus demselben zurück erhielten, so fragt sich: woher kam denn der Wärmestoff, dessen man sich bediente, um sowohl das Wasser, als auch das Metall und die andern dasselbe zunächst umgebenden Körper zu erwärmen?

Ich bin weit davon entfernt, irgend jemand durch eine imposante Verkettung der Thatsachen täuschen zu wollen; allein die Thatsachen meiner Experimente waren so auffallend, daß ich schlech-

terdings nicht umhin konnte, dieserhalb Vergleichungen und Berechnungen anzustellen, um davon besonders denen eine Idee beizubringen, die mit dergleichen Untersuchungen noch nicht genugsam bekannt sind.

Ich will nun meine Bemerkungen mit einer ganz neuen Berechnung schließen. Ich will nämlich zeigen, ob es wahrscheinlich ist, daß das Metall alle jene Wärme, die während des mehr erwähnten Experiments durch das Reiben hervorgebracht wurde, verschaffen konnte. Wenn diese Voraussetzung statt finden soll, so muß man vor allen Dingen annehmen, daß alle jene Wärme unmittelbar von den Metallpartikeln herrührte, die durch das Reiben von der festen Metallmasse sich absonderten; denn da die Masse während des Experiments immer in demselben Zustande blieb, so versteht sich von selbst, daß sie zu der Wirkung, die vermittelst desselben hervorgebracht wurde, nichts beitragen konnte.

Nun wollen wir einmal untersuchen, wie viel Wärme sich entwickelt haben würde, wenn das Experiment so lange ununterbrochen fortgedauert hätte, bis die ganze Metallmasse durch das Reiben in Staub verwandelt worden wäre.

Nachdem das Experiment drittehalb Stunden gedauert hatte, fanden sich 4145 Gran (Troygewicht) Metallstaub, und während dieser Zeit wurde durchs Reiben eine Quantität Wärme hervorgebracht, welche hinlänglich gewesen wäre 26. 58 Wasser, dessen Temperatur derjenigen des zerschmelzenden Eisens glich, zum Kochen zu bringen.

Da die feste Metallmasse 113. 13 Pfund = 791910 Gran, wog, so würde, wenn das Experiment während eines Zeitraums von 477½ Stunden, oder neunzehn Tage, ein und zwanzig und eine halbe Stunde, Tag und Nacht ununterbrochen fortgedauert hätte, alles Metall in Staub verwandelt worden seyn, und während dieser Zeit würde sich eine Quantität Wärme entwickelt haben, welche hinlänglich gewesen wäre, 5078 Pfund Wasser bis zum Kochen zu erhitzen.

Da das Metall, dessen man sich bei diesem Experimente bediente, eine Empfänglichkeit in Hinsicht der Wärme zeigte, die sich zu jener des Wassers wie 0. 11 zu 1 verhielt, so ergiebt sich ganz offenbar, daß die Quantität der erwähnten Wärme hinlänglich seyn würde, eine 46165 Pfund schwere Masse dieses nämlichen Metalls von 180 Grad des Fahrenheitschen

Thermometers, oder von der Temperatur des schmelzenden Eises an, bis zum Kochpunkte zu erhitzen.

Diese Quantität der Wärme würde hinlänglich seyn, eine Metallmasse zu schmelzen, welche sechszehnmal schwerer wäre als jene, deren ich mich bei meinem Experimente bediente. *)

*) Das Messing schmilzt in der Temperatur von 3807° des Fahrenheitschen Thermometers; das Kupfer hingegen bedarf 4587°. Glockenspeise schmilzt leichter als Kupfer; wenn man aber annimmt, daß dasselbe, wenn es schmelzen soll, des nämlichen Grades von Hitze bedürfe, so läßt sich vermittelst einer ganz einfachen Berechnungsart darthun, daß die Quantität der Wärme, welche dazu erforderlich ist, die Temperatur von 46165 Pfund Glockenspeise auf 180 Grad zu treiben, eben so gut hinreichen würde, die Temperatur von 1811½ Pfunde, bis auf 113,13 Grad zu erhöhen, oder diese Anzahl Pfunde ins Schmelzen zu bringen; — 1811½ Pfund verhalten sich aber zu 113,13 Pfund, wie 16 zu 1. — Aus dieser Berechnung erhellet, daß eine Quantität Glockenspeise, deren Temperatur dem im Zerschmelzen begriffenen Eise gleichkömmt, durch das Reiben zu Staub zermalmt wird, sechzehn mal so viel Wärme von sich giebt, als dazu erforderlich seyn würde, sie ins Schmelzen zu bringen.

Ist es wohl denkbar, daß diese ungeheure Quantität Wärmestoff in diesem Körper wirklich vorhanden seyn konnte? — aber auch diese Voraussetzung würde dennoch zur Erklärung jener Thatsachen noch immer nicht zureichend seyn, da ich durch ein entscheidendes Experiment bewiesen habe, daß die Empfänglichkeit des Metalls für die Wärme nicht merklich verändert wurde.

Woher also der Wärmestoff, den der Apparat in so reichlichem Maaße verschafft haben soll?

Diese Frage überlasse ich denjenigen zur Beantwortung, die an das wirkliche Daseyn des Wärmestoffs glauben.

Meines Erachtens habe ich sattsam erwiesen, daß er unmöglich von dem Metallkörper herrühren konnte, die an einander gerieben wurden, und ich kann mir schlechterdings nicht vorstellen, wie er von irgend einem andern jener Körper, die sich in der Nähe des Apparats befanden, hergerührt haben könne; denn alle diese Körper erhielten ihre Wärme unaufhörlich aus dem Apparat.

Ich will nun fortfahren, von meinen fernern Untersuchungen in Betreff der Wärme Rechenschaft abzulegen.

Im Sommer des Jahrs 1800 machte ich eine Reise nach Schottland, und hielt mich bei dieser Gelegenheit einige Monate in Edinburg auf.

Es ist bekannt, daß die dasige Universität, wegen der ununterbrochenen Folge berühmter Gelehrten, mit welchen die dortigen Lehrstühle seit länger als fünfzig Jahren besetzt waren, in vorzüglichem Rufe steht.

Eines Tages befand ich mich bei dem Professor Hope (dem Nachfolger des berühmten Black) mit den Professoren Playfnir und Struvart, nebst noch mehrern Personen, in Gesellschaft. Wir wiederholten das Experiment, welches Pictet in der Absicht veranstaltet hat, die Verdichtung und Zusammenziehung der Luft durch die kaltmachenden Einflüsse kalter Körper zu bestimmen. Jetzt trat der Fall ein, daß meine Meinung in Betreff der Wärme zum erstenmal öffentlich zur Sprache kam.

Es wurden zwei metallene Hohlspiegel, welche fünfzehn Zoll im Durchmesser und einen Brennpunkt von fünfzehn Zoll hatten, in einer Entfernung von sechszehn Fuß einander gegenüber gestellt. Wenn man nun unter den Brennpunkt des einen Hohlspie-

gels einen kalten Körper (zum Beispiel, wie es hier geschah, eine mit Wasser und zerstoßenem Eis gefüllte Glaskugel) und unter den Brennpunkt des andern ein Luftthermometer brachte, das sehr empfindlich war, so fieng dasselbe sogleich an zu fallen. Wenn man das Thermometer, anstatt es unmittelbar unter den Brennpunkt zu bringen, ein klein wenig (seitwärts) von demselben entfernte, so war die kaltmachende Kraft, welche der kalte Körper im entgegengesetzten Fall auf dasselbe äußerte, schlechterdings nicht bemerkbar.

Man ließ es aber nicht bloß dabei bewenden, das Experiment des Herrn Pictet genau so, wie er dasselbe beschrieben hat, zu wiederholen, sondern man erlaubte mir noch überdies, verschiedene Abänderungen damit vorzunehmen, damit ich jeden meiner Zweifel beseitigen, und die Thatsache, worauf es hier ankam, auf die überzeugendste Weise ins Licht setzen konnte.

Ich drückte meine Meinung über die Resultate dieser Untersuchungen in folgenden Worten aus:

„Es ist nicht möglich, daß der Wärmestoff „wirklich existirt. Die Mittheilung der Wärme und

„die Mittheilung des Schalls, scheinen völlig analog „zu seyn. Der kalte Körper unter dem einen Brenn„punkte, nöthigt den warmen Körper, (das Ther„mometer) welcher sich unter dem andern Brenn„punkte befindet, seine Bezeichnung (note) „zu verändern."

Eine besondere Veranlassung, deren nähere Erörterung weder hieher paßt, noch von einigem Nutzen seyn würde, ist die Ursache, daß ich die Ausdrücke deren ich mich bei jener Gelegenheit bediente, wörtlich hierher gesetzt habe.

Schon lange vor diesem Zeitpunkt hatte ich bereits mehrere mit einander in Verbindung stehende Experimente in Betreff der strahlenden Wärme erdacht, und in meinem achten 1797 zu London herausgegebenen Versuche, welcher von der Behandlung der Wärme und von der Ersparniß des Brennstoffs handelt, hatte ich das Vorhaben, daß ich bald möglichst Hand an das Werk legen würde, öffentlich angekündigt. Allein die vorerwähnten Experimente, welche bei dem Professor Hope in meinem Beiseyn veranstaltet wurden, bestimmten mich, mein Vorhaben nun nicht einen Augenblick länger aufzuschieben.

Als ich daher wieder nach London kam, fieng ich sogleich an, allerlei Veranstaltungen zu treffen, die auf meine Forschungen Bezug hatten. Ich theilte daher mein Vorhaben dem Ritter Banks, als damaligem Präsidenten der königlichen Societät, zugleich auch dem Herrn Cavendish mit, da diese beiden Männer (so wie ich selbst) bei dem königlichen Institut als Direktoren angestellt waren. Da ich meine Experimente auf die entscheidendste Weise, folglich mit dem möglichst vollkommenen Apparat zu veranstalten wünschte — wozu allem Ansehen nach, ein beträchtlicher Aufwand erforderlich war — so wurde ich von den Direktoren des Instituts auf mein Gesuch autorisirt, die neuen Instrumente, deren ich benöthigt war, auf Kosten des Instituts anfertigen zu lassen, jedoch unter Bedingungen, daß diese Instrumente als Eigenthum bei dem Institute verbleiben, und in dem Kabinet desselben aufbewahrt würden.

Da es mir bei diesem Versuche hauptsächlich darum zu thun war, die kaltmachenden Emanationen kalter Körper außer Zweifel zu setzen, so wünschte ich, diese Emanationen so viel wie möglich anhäufen und konzentriren zu können, damit die Wirkungen derselben desto merklicher wurden.

Pictet nahm bekanntlich zu seinem Experimente zwei metallene Brennspiegel, brachte unter den Brennpunkt des einen kalte Körper und unter den Brennpunkt des andern ein Thermometer. Damit nun die kaltmachende Wirkung, welche die kalten Körper auf das Thermometer äußerten, verdoppelt wurde, that ich den Vorschlag zu meinem Experimente zwei kalte Körper und einen Brennspiegel zu nehmen, und um die kaltmachende Wirkung auf das Thermometer desto mehr zu verstärken, trug ich darauf an, das Thermometer in einem cylindrischen Gefäße, das eben offen war, in der Höhe anzubringen, die beiden kalten Körper aber etwas tiefer.

Bei Pictets Experimente befanden sich die beiden Brennspiegel in einer horizontalen Linie, und da das Thermometer, auf welches die kaltmachenden Ausflüsse wirkten, unaufhörlich von der vertikalen Strömung erhitzt wurde, die aus der Luft herabkam, welche durch die Erkältung der das Thermometer zunächst umgebenden Luftschicht entstehen mußte, so fand sich daß die kaltmachende Wirkung des kalten Körpers durch die warmmachende Wirkung der gedachten Strömung dergestalt gehemmt wurde, daß letztere derselben das Gleichgewicht hielt. Ich machte mir jedoch Hoffnung, daß es mir, wenn

ich diese Strömung, vermittelst der Anordnung meines Apparats verhindern, und zugleich die Intensität des kaltmachenden Einflusses verdoppeln könnte, nach aller Wahrscheinlichkeit gelingen würde, die Erkältung des Thermometers viel weiter zu treiben.

Nach langem Zaudern von Seiten der Arbeiter, wurden die benöthigten vier Spiegel endlich zu Stande gebracht. Sie befinden sich dermalen im physikalischen Kabinet des königlichen Instituts zu London, und man bedient sich derselben bei den Vorlesungen über die Physik, welche jährlich gehalten werden. Wenn ich nicht irre, so werden daselbst auch noch einige andere Instrumente aufbewahrt, wovon man bei den projektirten Experimenten über die Strahlungen der Körper Gebrauch zu machen gedachte; allein die meisten von den zu diesem Versuche bestimmten Instrumenten (welche Herr Fraser, wohnhaft in New-Bond-Street verfertigte), wurden für meine Rechnung gemacht, und ich befinde mich noch jetzt in deren Besitz.

Man darf diesen Apparat (den ich im Sommer des Jahrs 1801 verfertigen ließ) nur ansehen, um sich sogleich zu überzeugen, daß ich meine Untersu-

chungen in Betreff der Wärme mit Eifer und in gehörigem Zusammenhange fortsetzte.

Zu Anfang des Jahrs 1802 wurde ich wieder nach Baiern zurückberufen. Ich mußte daher London in den ersten Tagen des Maimonats verlassen, nachdem ich nur eine sehr kleine Anzahl von meinen mit so vieler Mühe durchdachten Experimenten ins Werk gesetzt hatte. Da ich jedoch fest entschlossen war, mich, so bald ich nur ein klein wenig Muße erlangen würde, von neuem damit zu beschäftigen, so nahm ich den größten Theil des Apparats, welchen ich mir während meines Aufenthalts in England angeschafft hatte, um die mehrerwähnten Versuche veranstalten zu können, mit nach Teutschland.

Während meiner Reise hielt ich mich drei Monate in Paris auf, so daß ich nicht eher als zu Ende des August in München eintraf. In den ersten Tagen des Monats Oktober ward aber sogleich mit meinen Experimenten der Anfang gemacht.

Da ich die vier großen, dem königlichen Institute zugehörigen, Brennspiegel von London nicht mitnehmen, und mir keine dergleichen in Baiern verschaffen konnte, so sah ich mich genöthigt, den

Gang meiner Untersuchungen abzuändern, und zu versuchen, ob es nicht möglich sey, die Strahlungen der Körper auf andere Art zu entdecken, und die Wirkungen dieser nämlichen Strahlungen, ohne Beihülfe der durch die metallenen Hohlspiegel bewirkten Verdichtung zu versinnlichen.

Bei meinen zuerst veranstalteten Experimenten lag die Absicht zum Grunde, vermittelst derselben zu bestimmen, ob nicht die unsichtbaren warmmachenden Strahlen, die ein warmer Körper (z. B. ein geheizter Ofen) von sich giebt, von eben der Beschaffenheit sind, wie jene, die von der Sonne herrühren. Ich ließ mir daher, von weichem sehr dünnen Holze drei cylinderförmige einander vollkommen ähnliche Kästchen machen, die fünftehalb Zoll im Durchmesser hatten, drei Zoll hoch und oben offen waren. In einem jeden dieser Kästchen und zwar einen und drei viertel Zoll hoch über dem Boden, brachte ich eine zirkelrunde metallene Scheibe an, die so dick war wie der vierte Theil einer Linie und mit dem Innern des Kästchen einerlei Durchmesser hatte. Diese Scheibe, welche im Innern der Kapsel eine Art von optischer Blendung bildete, war an ihrem Platze mit mehrern kleinen überaus kurzen hölzernen Nägeln befestigt, die durch die Wand des Kästchens giengen.

Mitten auf dem Boden der Kästchen war ein zirkelrundes Loch, von drei Zoll im Durchmesser, worin ein Korkstöpsel stack.

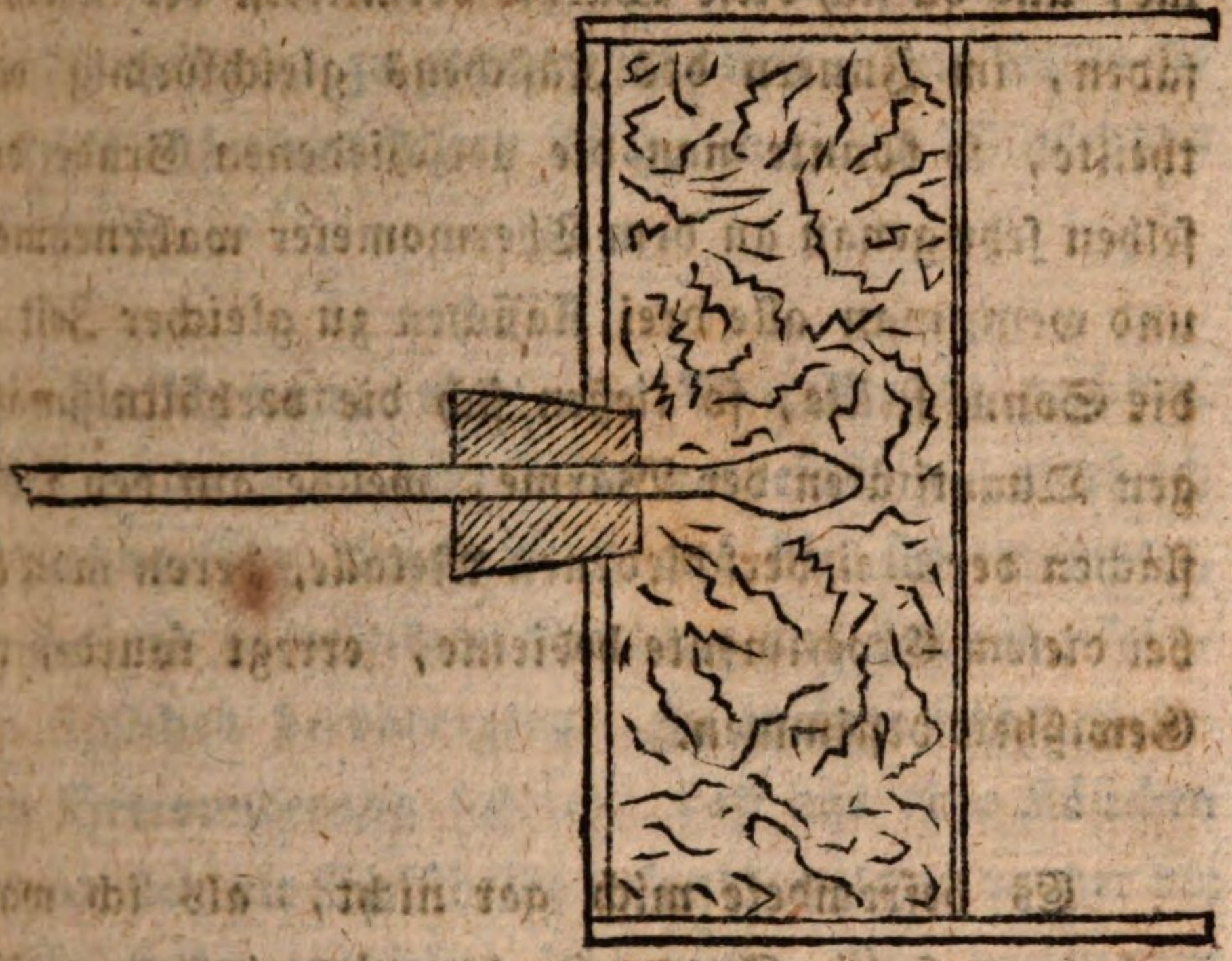
Durch diesen Stöpsel gieng ein Loch, dessen Durchmesser drei Linien betrug, und in welches ein kleines mit Queckfilber gefülltes Thermometer paßte, das mit einem ovalen Behälter versehen war. Die Abtheilung seiner Skale, war auf die Röhre selbst gravirt. *) Vermittelst dieses Stöpsels war das Thermometer auf eine solche Art im Innern des Kästchens angebracht, daß sein Queckfilberbehälter in der Achse des Kästchens und in der Mitte des

*) Ich hatte mir in England vier solche Thermometer verfertigen lassen, die mir bei meinen in Betreff der Wärme angestellten Versuchen überaus gute Dienste thaten. Ihre Röhren bestehen aus sehr starkem Glas, daß drei Linien im Durchmesser hat, und sie sind auf der einen Seite abgeschliffen, so daß dieselbe eine gerade Oberfläche bildet, auf welcher die Abtheilungen der Skale mit Flußspathsäure eingeätzt sind. Die Länge dieser Röhren beträgt sechs bis sieben Zoll, und die daran befindlichen Queckfilberbehältet sind wie Birnen geformt, mithin nicht so zerbrechlich wie die kugelrunden. Der spitzige oder unterste Theil dieser Birn, kann aus etwas dickem Glas bestehen, ohne daß dies von nachtheiligen Folgen ist.

zwischen dem Boden des Kästchens und der Metallscheibe befindlichen Raume slack. Dieser Raum, welcher seiner Bestimmung zu Folge die Stelle als Wärmebehälter vertreten sollte, war mit einer gewissen Quantität plattgedrückter Silberfaden angefüllt, die man aus alten silbernen Tressen ausgezupft hatte.

In dem einen Kästchen war die metallne Blendung von Messing; in dem zweiten von überzinntem Eisenblech, und in dem dritten von gewöhnlichem Blech.

Die nebenstehende Figur stellt den vertikalen Abschnitt eines dieser Kästchen in horizontaler Stellung dar. Man sieht hier den Stöpsel, welcher durch Diagonallinien angedeutet ist, und einen Theil des Thermometers an gehöriger Stelle.



Um den Verlust der Wärme zu vermindern, die durch den Boden und die Wände des Kästchens herausdringen konnte, wurde jedes Kästchen sowohl von innen als außen mit stark angeleimtem Papier überzogen, sodann dreimal mit Kopallack überstrichen, und noch überdies während des Experiments mit einer Umhüllung von Pelz zugedeckt.

Wenn man nun eines dieser Kästchen eine Zeit lang an die Sonne stellte, und die Strahlen derselben senkrecht auf die metallene Scheibe fielen, so erregten sie in derselben eine gewisse Quantität Wär-

me, und da sich diese Wärme vermittelst der Metallfäden, im Innern des Kästchens gleichförmig vertheilte, so konnte man die verschiedenen Grade derselben sehr genau an dem Thermometer wahrnehmen, und wenn man alle drei Kästchen zu gleicher Zeit an die Sonne stellte, so ließen sich die verhältnißmäßigen Quantitäten der Wärme, welche auf den Oberflächen der drei verschiedenen Metalle, deren man sich bei diesem Experimente bediente, erregt wurde, mit Gewißheit bestimmen.

Es befremdete mich gar nicht, als ich wahrnahm, daß die Sonnenstrahlen in einem gewissen Zeitraume auf der schwärzlichen und unpolirten Blechscheibe mehr Wärme erregten, als auf den zwei andern Scheiben, welche glatt und polirt waren; desto mehr frappirte mich aber ein ganz unerwarteter Umstand, welchen ich zufälligerweise während des Kaltwerdens der kurz zuvor durch die Sonnenstrahlen erwärmten Instrumente bemerkte, und der meine ganze Aufmerksamkeit rege machte.

Als ich nämlich die mehrerwähnten drei Kästchen dicht neben einander gestellt und sie der Wirkung der Sonnenstrahlen so lange ausgesetzt hatte, bis jedes das Maximum seiner Temperatur erreichte,

nahm ich sie aus dem Fenster, wo sie bis dahin gestanden hatten, zu gleicher Zeit weg, und stellte sie verkehrt auf einen kalten Tisch, in einem Winkel des Zimmers.

Da ich nun, etwa eine Viertelstunde nachher, zufälligerweise an dem Tische vorbeigieng, warf ich von ohngefähr einen Blick auf die Thermometer, welche jetzt in vertikaler Richtung aus den umgekehrten Kästchen hervorragten. Zu meiner nicht geringen Verwunderung sah ich, daß das eine Kästchen (worin sich die Bleischeibe befand) welches vorher die meiste Hitze enthielt, jetzt unter allen dreien am kältesten war.

Diese Naturerscheinung befremdete mich um so mehr, da ich überzeugt war, daß dieses so schleunig erfolgte Kaltwerden nicht von dem Umstande herrühren konnte, als wenn es diesem Kästchen an genugsamem Raume gefehlt hätte, eben so viel Wärme aufzunehmen, wie die andern Kästchen. Denn, da ich nur allzu gut wußte, wie viel bei meinen Untersuchungen darauf ankam, daß alle drei Kästchen in Ansehung des Raums einander vollkommen gleich wären, so hatte ich mir äußerst angelegen seyn lassen, ihnen (durch die gleichförmige Vertheilung der

darin befindlichen Silberfäden) einerlei Einrichtung zu geben, bevor ich mit meinen Experimenten den Anfang machte.

Ich kann mich hier nicht darauf einlassen, alle die Vermuthungen und projektirten Experimente, wozu mir diese Entdeckung Veranlassung gab, der Länge nach anzuführen. Ich sage daher weiter nichts, als daß dieselbe einen starken und dauerhaften Eindruck auf mein Gemüth machte, und nachmals auf die Art und Weise, wie ich meine Forschungen fortsetzte, überaus vielen Einfluß hatte.

Indeß ließ ich mich durch diesen Umstand keineswegs abhalten, in den Experimenten um derentwillen ich meinen Apparat erfunden hatte, bis zu deren Beendigung fortzufahren. Ich ließ daher einen cylinderförmigen eisernen Ofen, in die Mitte eines mittelmäßig großen Zimmers setzen, ringsum denselben Kaminschirme stellen, und alle im Zimmer befindliche Fenster öffnen. Als man den Ofen gehörig geheizt hatte, fand sich, daß in der mittlern Temperatur des Zimmers keine merkliche Veränderung vorgegangen war. Jetzt ließ ich die um den Ofen gestellten Kaminschirme wegnehmen und alle drei Kästchen zu

gleicher Zeit in einerlei Abstand, nämlich von vier und zwanzig Zoll an den Ofen setzen.

Das Kästchen mit der Blechscheibe, welches schon ehedem, als es in den Sonnenstrahlen gestanden hatte, die meiste Wärme enthielt, war auch jetzt wieder unter allen dreien das wärmste, nachdem man es der Wirkung der warmmachenden Strahlen, welche unsichtbarerweise aus dem Ofen hervordrangen, ausgesetzt hatte.

In der Absicht, die Wirkung dieser Strahlen noch genauer kennen zu lernen, ließ ich mir einige neue Instrumente verfertigen; unter andern vier große Lufthermometer und noch drei andere Thermometer (alle von einerlei Größe) die mit Weingeist gefüllt waren. Die Kugeln an diesen Thermometern hatten ein und drei Viertel Zoll im Durchmesser, und enthielten entweder verschiedene mit Luft vermischte Substanzen, oder weiter nichts als Weingeist. Die Kugel des ersten Thermometers war bloß mit Luft angefüllt; in der am zweiten war eine Mischung von Luft und Eiderdun enthalten; in der am dritten befand sich eine Mischung von Luft und sehr zarten plattgedrückten Silberfäden; und die vierte enthielt Luft, Eiderdun und ebenfalls plattgedrückte Silberfäden.

In der Kugel des ersten mit Weingeist gefüllten Thermometers, war außer diesem Fluidum weiter nichts enthalten; in der des zweiten befand sich eine Mischung von Weingeist und Eiderdun; und in der Kugel des dritten Thermometers war eine Mischung von Weingeist und plattgedrückten Silberfäden.

Wenn ich nun diese Thermometer wechselsweise bald der Wirkung der Sonnenstrahlen, bald der Wirkung derjenigen Strahlen die von Körpern herrührten, welche vom Feuer erwärmt waren, bloß stellte, so konnte man nach der schnell oder langsam von statten gehenden Erwärmung der verschiedenen Thermometer, entweder die Identität dieser Strahlen, oder die Verschiedenheit derselben, gehörig beurtheilen.

Es wäre zu weitläuftig, wenn ich hier diese Experimente der Länge nach beschreiben wollte. Aus einigen derselben ergaben sich manche zum Theil ganz sonderbare Resultate *), welche mir Aufschlüsse ver-

*) Ich bemerkte unter andern, daß das Thermometer dessen Kugel eine Mischung von Weingeist und platten Silberfäden enthielt, sowohl überhaupt, als auch insbesondere bei den geringsten Veränderungen der Temperatur,

verschafften, die mir den Weg, welchen ich in Betreff des Hauptzwecks meiner Versuche einschlagen mußte, deutlich genug anzeigten.

Hiernächst ließ ich mir auch noch andere Thermometer verfertigen, die überaus große Dimensionen hatten. Die daran befindlichen Kugeln sind rund, bestehen aus Kupfer und haben vier Zoll im Durchmesser. Ihre Röhren, die von Glas sind, haben eine Länge von dreißig Zoll, und sind mit Leinöl gefüllt. Ich bediene mich derselben bei solchen Experimenten, die darauf abzwecken, das verhältnißmäßig mehr oder weniger schnelle Kaltwerden eines warmen Körpers (des Thermometers selbst) in ver-

tur, weit empfindlicher war, als ein anderes Thermometer, von eben der Größe, in dessen Kugel sich weiter nichts als Weingeist befand. Es würde vielleicht von gutem Nutzen seyn, wenn man sich dergleichen Thermometer anschaffte, um hiervon, wenn auch nicht auf die gewöhnliche Art, doch wenigstens bei Gelegenheiten Gebrauch zu machen. Ich bin sehr überzeugt, daß ein Thermometer, dessen Kugel mit einer Mischung von Quecksilber und in Fäden zertheilter Platina angefüllt wäre, weit empfindlicher seyn, das heißt, die Temperatur weit schneller anzeigen würde, als ein gewöhnliches (bloß) mit Quecksilber gefülltes Thermometer von eben der Größe.

schiedenen Flüssigkeiten, welche dieselbe Temperatur haben, bestimmen zu können. Dieses Instrument ist das einzige, welches ich je erdenken konnte, um bei dergleichen Experimenten Gebrauch davon zu machen, ohne erhebliche Einwendungen diesfalls gewärtigen zu dürfen.

Ich besitze auch sonst noch verschiedene Thermometer, die bloß dazu bestimmt sind, die warmmachenden oder kaltmachenden Strahlen, von welchen ihre Oberflächen berührt werden, in sich aufzunehmen und sie zu sammeln. Jeder ihrer Behälter besteht aus zwei Kegeln von sehr dünnen Messingblättchen, die in einander liegen, und an den untern Theilen dergestalt an einander befestigt sind, daß zwischen der innern Fläche des äußern Kegels, und der äußern Fläche des innern Kegels, ein leerer Zwischenraum bleibt, dessen Weite nicht ganz eine Linie beträgt. Der innere Kegel hat vier Zoll im Durchmesser, ist vier Zoll hoch und oben zugespitzt. Der Durchmesser des äußern Kegels hat vier und einen viertel Zoll, und endigt sich nach oben zu in Gestalt einer cylinderförmigen Röhre, von vier Zoll im Durchmesser und dreiviertel Zoll Länge. In dieser Röhre ist ein gläsernes Thermometer befestigt, und wenn man den zwischen den beiden Kegeln vorhan-

denen Raum mit Leinöl oder gefärbtem Weingeist füllt, so thut dieses Instrument dieselben Dienste, wie ein wirkliches Thermometer. Die Skale dieses Thermometers ist stark an der vorerwähnten Röhre befestigt.

Die äußere Wand dieses Instruments ist gegen die Einwirkung der dasselbe umgebenden (sowohl warm- als kaltmachenden) Luft, vermittelst einer cylinderförmigen Kapsel verwahrt und geschützt, die aus trockenem stark überfirnißten und mit Eiderdunen ausgefütterten Holze besteht, und worin der Haupttheil (corps) des gedachten Instruments steckt. Diese fünftehalb Zoll hohe Kapsel, ist von innen im Durchmesser eben so breit, wie der äußere Kegel am untern Theile, und die Röhre des Instruments, nebst der daran befindlichen Skale, geht durch ein Loch, das mitten im Boden der Kapsel angebracht ist.

Wenn man nun die äußere schwarz angestrichene Oberfläche des innern Kegels, in der Nähe gegen einen Körper hält, welcher warmmachende (oder auch kaltmachende) Strahlen von sich giebt, so theilt sich die durch diese Strahlungen verursachte Wärme (oder Kälte) dem Fluidum mit, welches in dem zwischen beiden Kegeln vorhandenen Raum enthalten ist, und

die Veränderung der Temperatur bewirkt sogleich eine Veränderung in der im obern Theil der Röhre befindlichen Flüssigkeit, so daß man jene nach dieser beurtheilen und abmessen kann.

Ein Instrument dieser Art, welches ich im Jahre 1801, während meines Aufenthalts in England, verfertigen ließ, befindet sich dermalen im physikalischen Kabinet des Königlichen Instituts zu London. Zwei ähnliche in Baiern zu Stande gebrachte Instrumente, werden noch jetzt in meinem zu München befindlichen Kabinet aufbewahrt. Ich habe dieses Instrument bloß deswegen so umständlich beschrieben, weil ich überzeugt bin, daß selbiges bei den Experimenten, die in Betreff der Strahlungen warm- und kaltmachender Körper angestellt werden, überaus gute Dienste leistet, und weil mir äußerst viel daran gelegen ist, die Naturforscher zu bewegen, diesem forschenswürdigen Gegenstand ihre Aufmerksamkeit zu widmen.

Jetzt habe ich nur noch ein Paar Worte über die Fortsetzung jener Experimente zu sagen, die ich in meiner am dritten Februar 1804 in der königlichen Akademie vorgelesenen, und von dem Professor Pic-

tet ins Französische übersetzten Abhandlung *) ausführlich beschrieben habe.

Ich machte diese Experimente im Jahr 1803 zu München, und zwar in den Monaten Januar, Februar und März. Je nachdem mir die Resultate derselben von Wichtigkeit schienen, gab ich sogleich einigen meiner Freunde in England und Frankreich Nachricht davon. Unter andern benachrichtigte ich den Ritter Banks, damaligen Präsidenten der königlichen Societät zu London, von den äußerst frappanten Resultaten eines Experiments, welches ich am eilften März mit zwei metallenen Gefäßen machte, wovon das eine keine Umhüllung, das andere hingegen eine Umhüllung von Leinwand hatte, und die ich beide, nachdem sie zuvörderst mit warmem Wasser angefüllt waren, in freier Luft kalt werden ließ. Ferner schrieb ich ihm, daß ich mit verschiedenen schwarz angestrichenen und zu wiederholten Malen mit Firniß überzogenen Gefäßen einige Erperimente angestellt hätte, und meldete ihm die Resultate hiervon. Auch theilte ich ihm die vermittelst meines Thermoskops ge-

*) Eine Teutsche Uebersetzung derselben findet der Leser in den letzten hier abgedruckten Bogen.

machte Entdeckung mit, daß verschiedene Körper, unter einerlei Temperatur, ganz verschiedene Quantitäten warmmachende Strahlungen von sich geben, und daß die kaltmachenden Strahlungen eben so gewiß etwas Reelles sind, wie die warmmachenden Strahlen warmer Körper.

Da der Ritter Banks meine Briefe verschiedenen Personen vorzeigte, und da ich aus meinen Experimenten und den Resultaten derselben, weder gegen ihn, noch sonst jemanden, ein Geheimniß machte, so wurde bereits im Frühling verflossenen Jahres öffentlich zu London von meinen Entdekkungen gesprochen. Als unwiderlegbaren Beweis dieser Thatsache, kann ich einen Brief von einem meiner Freunde (gegen den ich von meinen neuen Entdeckungen nicht das geringste erwähnt hatte) vorzeigen, worin er mir zu dem glücklichen Erfolg meiner Forschungen seinen Glückwunsch abstattet, und mir zugleich meldet, daß er dasjenige, was ihm von meinen Entdeckungen bekannt sey, von dem beim königlichen Institut als Professor angestellten Herrn Davy, vernommen habe, der in seinen Vorlesungen über die Chemie öffentlich davon gesprochen hätte.

Die Abhandlung, worin ich von meinen For-

schungen Rechenschaft gab, wurde zu Anfang des Maimonats (1803) vollendet; und schon zu Anfang des Junius verließ ich München um eine Reise nach der Schweiz zu machen. Da ich die Absicht hatte, mich von Genf nach Paris zu begeben, so nahm ich meine Abhandlung und einige von meinen neuerfundenen Instrumenten, unter andern auch das Thermoskop, mit.

Als ich im August nach Genf kam, las ich meine Abhandlung im Beiseyn des Professor Pictet, des Herrn von Saussure und mehrerer andern Personen, vor, und wiederholte zugleich einige Experimente mit meinem Thermoskop.

So bald ich, zu Ausgang des Monats Oktober, in Paris angekommen war, ließ ich meine Abhandlung (und zwar von Herrn Cadel, aus Glasgow, welcher sich eben damals in Paris befand) abschreiben, und schickte sie in der Mitte des Monats December, durch Herrn Livingston den jüngern, nach London, welcher die Gefälligkeit hatte, dieselbe am drei und zwanzigsten December, dem Ritter Banks in eigener Person zu überbringen. Da gleich nachher bei der königlichen Societät die Weihnachtsferien ihren Anfang nehmen, so konnte

meine Abhandlung nicht eher als am dritten Februar in den öffentlichen Sitzungen der Societät vorgelesen werden.

Den sechsten Junius überschickte man mir von London (durch Herrn Livingston den ältern, bevollmächtigten Minister der vereinten Nordamerikanischen Staaten zu Paris) zwei Exemplare meiner, auf Befehl der königlichen Societät, zum Druck beförderten Abhandlung. Zugleich erhielt ich ein Schreiben von Herrn Davy, Professor der Chemie am königlichen Institut, worin er mir meldete, daß Herr Leslie erst unlängst eine Abhandlung über die Wärme herausgegeben, und darin verschiedene Experimente beschrieben habe, die mit einigen, von mir veranstalteten, Aehnlichkeit hätten.

Den zweiten Julius erhielt ich zu Paris das Buch des Herrn Leslie, welches mir der Ritter Banks überschickte, aus den Händen des Herrn Bertholet. Dieser hatte zu eben der Zeit ein Exemplar dieses Werks aus England erhalten, das ihm von einem seiner dortigen Freunde übermacht worden war.

Da ich nur erst vor kurzem das Nationalinstitut

mit meinen neuern Versuchen und Entdeckungen *) unterhalten hatte, so konnte es natürlicherweise nicht anders seyn, als daß die Erscheinung eines aus England angekommenen Buchs, worin mehrere, den meinigen in manchem Betracht nicht unähnliche Experimente und Entdeckungen beschrieben waren, bei den Pariser Gelehrten eine gewisse Ueberraschung erregte, die ich deutlich genug wahrnehmen konnte. Ich sehe mich daher wider meinen Willen genöthigt, eine Thatsache, an deren Berichtigung mir überaus viel gelegen ist, auf alle mögliche Art ins Licht zu setzen.

Ich bin weit davon entfernt, behaupten zu wollen, daß Herr Leslie von meinen Experimenten, die mit denen, welche er in einer öffentlichen Druckschrift bekannt machte, Aehnlichkeit hatten, Kenntniß gehabt habe. Eben so gewiß ist es aber auch, daß ich von den seinigen nicht das allermindeste wußte, noch wissen konnte. Dies zu beweisen kann mir nicht schwer fallen.

*) Zwischen dem neunzehnten März und siebenten Mai 1804, legte ich dem Nationalinstitut fünf verschiedene Abhandlungen in Betreff dieses Gegenstandes vor. Sie werden nun wohl in den Memoiren des Instituts abgedruckt seyn.

Vielleicht dürfte es dem Herrn Leslie eben so leicht seyn, den Beweis zu führen, daß er von meinen Experimenten ganz und gar keine Kenntniß hatte. Dies würde man ihm desto bereitwilliger glauben, da er, bei Gelegenheit einiger (in einer Note *) angebrachten) Bemerkungen über meine Bemerkungen, wodurch ich die Fortpflanzung der Wärme in flüssigen Dingen zu erklären suche, von mir wie von einem Manne spricht, der zu der Zeit, wo er diese Bemerkungen niederschrieb, bereits todt war.

Gewiß ist, daß wir einander ganz fremd sind, uns nicht einmal von Ansehen kennen, und nie auf die entfernteste Art mit einander in Briefwechsel standen.

Was die Priorität der öffentlichen Bekanntmachung unserer Entdeckungen betrifft, so ist dieser Umstand durch Aufstellung nicht zu bezweifelnder Thatsachen leicht zu berichtigen.

Ich kann zwar die Zeit, wo das Buch des Herrn

*) Man sehe die XXXIX. Note am Ende seines Werks, die sich mit folgenden Worten anfängt: *A late* ingenious experimenter.

Leslie ans Licht trat, so ganz genau nicht bestimmen; unmöglich kann es aber vor der Mitte des Maimonats dieses Jahres herausgekommen seyn, denn die Zueignungsschrift ist von Largo in Fifeschire (in Schottland) vom 20. Mai 1804 datirt. Dies wäre folglich beinahe ein ganzes Jahr nachher, als die merkwürdigsten Resultate meiner Untersuchungen bereits in London bekannt waren; — neun Monate nach jenem Zeitpunkte, wo ich die Abhandlung, worin die umständliche Auseinandersezzung dieser Untersuchungen enthalten war, zu Genf in einer aus mehrern berühmten Gelehrten bestehenden Gesellschaften vorlas; — fünf Monate später, als diese nämliche Abhandlung dem Präsidenten der königlichen Societät zu London zugestellt war; — und länger als ein ganzes Vierteljahr nach jener Zeit, wo selbige in eben dieser Societät öffentlich verlesen wurde.

Doch die Priorität, worauf es hier ankömmt, ist an und für sich betrachtet, so unbedeutend, daß ich derselben gar nicht erwähnt haben würde, wenn nicht die Umstände wodurch sich dieselbe darthun läßt, zugleich darauf abzweckten, die ungleich wichtigere Behauptung zu erhärten, daß ich

wirklich der Erfinder der von mir bekannt gemachten Entdeckungen bin.

Wenn Herr Leslie und ich, der eine in Schottland und der andere in Baiern, jeder für sich und beinahe zu gleicher Zeit, wirklich die nämlichen Entdeckungen machten, so ist dies ein Fall, der sich schon vor unserer Zeit mehr als einmal ereignet hat; und was hiernächst die Erklärung dieser Phänomene betrifft, so weichen wir in unserer Erklärungsart dergestalt von einander ab, daß über das Eigenthum unserer Meinungen schlechterdings kein Streit unter uns statt finden kann. Nichts ist gewisser, als daß wir in dieser Hinsicht nicht das mindeste von einander entlehnt haben.

Hiernächst habe ich alle mögliche Ursache zu glauben, daß wenn ich auch die von mir aufgestellten Thatsachen nicht so umständlich aus einander gesetzt hätte, demohngeachtet alle die, welche sich die Mühe nicht verdrießen lassen, über die von mir in Betreff der Wärme seit länger als 20 Jahren angestellten zahlreichen Experimente unpartheiisch nachzudenken, sich überzeugen werden, daß ich durch die ganze natürliche von meinen Meinungen veranlaßte Verbin-

dung meiner Ideen, auf die Untersuchungen und Entdeckungen wovon hier die Rede ist, geleitet werden mußte, ohne von Jemandem, wer es auch seyn möge, das mindeste entlehnen zu dürfen.

Zum Beschluß der historischen Darstellung meiner über die Wärme veranstalteten Versuche will ich nur noch ganz kurz von den Arbeiten, denen ich mich seit meiner Ankunft zu Paris bis zu Ende des Oktobers vorigen Jahres (1803) in dieser Hinsicht unterzogen habe, Rechenschaft geben.

Da ich zwei Thermoskope mitgebracht hatte, so ließ ich dieselben von Dumontier mit aller möglichen Sorgfalt ajustiren; auch verschrieb ich von München noch einige andere Instrumente, deren ich mich im verflossenen Jahre bei meinen über die Wärme angestellten Versuchen bedient hatte.

Außerdem verschaffte ich mir noch verschiedene ganz neue Instrumente, um damit neue Experimente zu machen; unter andern einen Apparat, dessen ich mich in der Absicht zu bedienen gedachte, um vermittelst desselben den Gang der Wärme in einer massiven Metallstange, in Glas und andern dichten Substanzen ausmitteln zu können. Alle diese Instru-

mente zeigte ich mehrern Mitgliedern des Nationalinstituts, namentlich Herrn La Place, Delambre, Prony und Biot.

Eben diesen Gelehrten und zugleich auch Herrn Bertholet, that ich den Vorschlag, das nunmehro bekannte Experiment mit dem kalten Körper und dem Sprachrohr (bevor man das hierzu benöthigte Instrument erfunden hatte) zu veranstalten, um dadurch unsern (übrigens sehr freundschaftlichen) Streitigkeiten über die Wirklichkeit des Wärmestoffs ein Ende zu machen.

Dieses Experiment wurde nachher im Beiseyn von La Place, Bertholet und Charles, im physikalischen Kabinet des Nationalinstituts veranstaltet. Das Resultat davon fiel gerade so aus, wie ich es vorher gesagt hatte.

Am achten Ventose des Jahres 12 (den 19ten März 1804) überreichte ich der Klasse des Nationalinstituts, die für die physikalischen und mathematischen Wissenschaften bestimmt ist, mein erstes Memoire, worin ich mein Thermoskop und einige Entdeckungen beschrieb, die ich mit Beihülfe dieses Instruments gemacht hatte.

Den fünften Germinal (26sten März 1804) überreichte ich der gedachten Klasse ein zweites Memoire, worin ich meine Ideen über die Beschaffenheit der Wärme, so wie über die Art und Weise, wie dieselbe sich erregen und mittheilen läßt, zu entwickeln suchte. Zugleich gab ich Auskunft über einige Experimente, die ich über das Kaltwerden warmer Körper in freier Luft angestellt hatte.

Den neunzehnten Germinal (9ten April 1804) übergab ich der Klasse ein drittes Memoire, welches von einem neuen Experiment handelte, das ich zu Paris über die Beschaffenheit der Wärme gemacht hatte, und wodurch der Einfluß der Strahlungen, welche die Körper während des Kaltwerdens von sich geben, auf eine ganz neue Art dargethan wurde.

Den zehnten Floreal (30sten April 1804) wurde der Klasse mein viertes Memoire übergeben. In diesem Memoire beschrieb ich ein Experiment, welches ich mit zwei Flaschen von einerlei Größe veranstaltet hatte. Die eine war von Glas, die andere von überzinntem Blech. Beide wurden mit kochendem Wasser gefüllt, und alsdann zu gleicher Zeit in die freie Luft gestellt, wo man sie kalt werden ließ. Das

in der gläsernen Flasche enthaltene Wasser erkaltete zweimal so schnell als jenes in der von überzinntem Blech, obgleich die Wände dieser letztern viel dünner waren, als die Wände der Glasflasche. Dieses Memoire endigt sich mit einigen Betrachtungen über die Vergleichung, welche man zwischen einem warmen Körper und einem mit Wasser angefüllten Schwamm angestellt hat, und über den Einfluß der Strahlungen während des Warmwerdens und Kaltwerdens der Körper.

Den siebzehnten Floreal (7ten Mai 1804) übergab ich der Klasse mein fünftes Memoire, worin ich von einer ganz neuen Verkettung verschiedener Experimente Rechenschaft gab, die ich zu Paris über die Art und Weise angestellt hatte, wie sich die Wärme in einer massiven Metallstange verbreitet, die sechs Zoll lang ist, anderthalb Zoll im Durchmesser hat, an dem einen Ende von kochendem Wasser warm gemacht, an dem andern hingegen bald vermittelst einer aus Wasser und zerstoßenem Eise bestehenden Mischung, bald mit gewöhnlichem Wasser, dessen Temperatur der atmosphärischen Luft gleichkömmt, kalt gemacht wird.

Herr Biot, Mitglied des Nationalinstituts, machte beinahe zu eben der Zeit, wie ich, mehrere

auf

auf einander folgende Versuche über die Verbreitung der Wärme in Metallstangen und andern dichten Körpern. Er bediente sich aber hierzu ungleich längerer Stangen, als die meinigen waren, und stärkerer Temperaturen. Uebrigens brachten wir vermittelst unserer Experimente offenbar einerlei Resultate heraus.

Er kam auf den glücklichen Einfall, von dergleichen Experimenten in der Absicht Gebrauch zu machen, sehr starke Grade der Temperatur zu messen; zum Beispiel die, deren man bedarf um Porcellan zu verfertigen, oder Metalle, welche nicht leicht schmelzen, in Fluß zu bringen.

Da man mich einlud, meine neuere Versuche über die Wärme in einem gedrängten Auszuge zu beschreiben, der in der öffentlichen Sitzung des Nationalinstituts, am sechsten Prärial (25sten Junius 1804) verlesen werden sollte, so übergab ich das Memoire, welches nun gleich folgen wird. Da solches bereits (im Moniteur vom neunten Prärial des Jahrs 12, oder vom 29sten Junius 1804) abgedruckt ist, so ist es mir erlaubt, dasselbe in diese Sammlung aufzunehmen. Nicht so verhält es sich aber mit den fünf andern Memoiren, die ich der ersten Klasse des Nationalinstituts überreichte; denn da diese den Me-

Bayerische Staatsbibliothek München

moiren der eben erwähnten Klasse einverleibt werden sollen, so steht es mir nicht zu, sie früher durch den Druck bekannt zu machen.

Zur Ergänzung dieser historischen Uebersicht muß ich noch ein paar Worte von meinen Versuchen sagen, die Anwendung der Wärme auf die Künste und allerlei Hausgebrauch zu vervollkommnen. Unter den fünfzehn Versuchen, die ich in drei Oktavbänden herausgegeben habe, findet man nicht weniger als acht, die von der Anwendung der Wärme handeln. Es sind folgende:

Versuch IV. über die Kamine; VI. über die Behandlung des Feuers und die Ersparniß brennbarer Materialien; X. über die Sparöfen; XII. über die der Gesundheit zuträgliche Beschaffenheit geheizter Zimmer, im Winter; XIII. über die der Gesundheit zuträgliche Beschaffenheit warmer Bäder und deren Einrichtung; XIV. über die Behandlung des Feuers in zugemachten Oefen; XV. über die Anwendung des Dunstes, als Vehikel, die Wärme weiter zu leiten.

II.

Untersuchungen

über

die Beschaffenheit der Wärme

und

die Art, wie sich dieselbe verbreitet.

Die Anwendung der Wärme findet unter so mancherlei Verhältnissen des menschlichen Lebens statt, daß jede Entdeckung, die hierauf Bezug hat, für die gesammte Menschheit von äußerster Wichtigkeit ist. Wenn man ihre Beschaffenheit und ihre Wirkungsart genauer zu erforschen sucht, so wird man dadurch in Stand gesetzt, dieselbe nicht nur mit geringern Kosten hervorzubringen, sondern auch wirthschaftlicher damit umzugehen, und ihren Wirkungen eine bestimmtere und zweckmäßigere Richtung zu geben.

Ich hatte schon seit langer Zeit Ursache zu vermuthen, daß man nur die Umstände, welche mit dem Warmwerden und Kaltwerden der Körper, oder dem Uebergange der Wärme aus einer Substanz in die andere vereinbart sind, genauer beobachten dürfe, um sich dadurch über die Beschaffenheit der Wärme nähern Aufschluß zu verschaffen; und eben darum weil ich hiervon fest überzeugt war, fand ich mich bewogen, bei meinen Versuchen auf diese Klasse von Naturerscheinungen vorzüglich Rücksicht zu nehmen. Man kann daher die Experimente, die ich jetzt zur Beurtheilung vorlegen werde, als eine Fortsezzung derjenigen betrachten, die ich der königlichen Societät zu verschiedenen Zeiten vor Augen zu stellen, die Ehre hatte, und die das Publikum bereits aus meinen im Druck erschienenen Versuchen (Essais) kennt.

Damit die Aufmerksamkeit der Societät nicht etwa mitten in der Darstellung interessanter Experimente, durch die Beschreibung meiner Instrumente unterbrochen werde, will ich lieber jetzt gleich den Apparat, dessen ich mich bei meinen Untersuchungen bediente, beschreiben; und da man, um meine Experimente genau und richtig beurtheilen zu können, vor allen Dingen wissen muß, wie die Instrumente,

wovon ich bei dieser Gelegenheit Gebrauch machte, beschaffen waren, so will ich dieselben ausführlich beschreiben.

Die Anzahl der Thermometer, deren ich mich bediente, beläuft sich auf fünf, und sie sind unter meinen Augen mit aller möglichen Sorgfalt verfertigt worden. Nach den Proben, die ich damit angestellt habe, bin ich überzeugt, daß sie sich sammt und sonders im besten Zustande befinden. Sie sind mit Queckſilber gefüllt und nach Fahrenheit abgetheilt. Ihre cylinderförmigen Behälter sind vier Zoll lang und haben $\frac{4}{10}$ Zoll im Durchmesser. Die Länge ihrer Röhren beträgt fünfzehn bis sechszehn Zoll; das darin enthaltene Queckſilber ist sehr rein, und es befindet sich nicht das mindeste von Luft darin. Ihre Skalen sind mit Beihülfe eines Nonius eben so genau als richtig abgetheilt, und die Grade bestehen aus Achttheilen, so daß man sie leicht von einander unterscheiden kann. Die Abtheilung fängt ungefähr zehn Grad unter dem Gefrierpunkte an, und erstreckt sich fünf bis sechs Grad über den Kochpunkt. Die Garnirung (monture) endigt sich einen Zoll hoch oberhalb der Stelle, wo die Röhre und der Behälter mit einander vereint sind, so daß letzterer völlig isolirt ist. Die Stelle wo der Gefrierpunkt ein

Ende hat, ist etwa fünf Zoll vom obern Theil des Behälters entfernt. Die Ursache dieser Anordnung wird sich aus der Beschreibung meiner Experimente ergeben.

Das Instrument, welches ich in der Absicht erfunden habe, die verhältnißmäßige Wärme der Umhüllungen zu bestimmen, ist äußerst einfach. Es besteht bloß aus einem cylinderförmigen Gefäß von dünnen Messingblättchen, das an beiden Enden verschlossen ist, bis auf einen engen cylinderförmigen Hals, durch welchen man gelegentlich warmes Wasser in das Gefäß gießt.

Man umgiebt dieses Gefäß mit einer Umhüllung welche dicht anliegt, und aus einem mehr oder weniger warmen Stoff oder irgend einer andern Materie besteht, oder vielmehr mit einer Bekleidung, welche warm hält. Denn stellt man es senkrecht auf ein hölzernes Fußgestell, das auf einem Tisch steht, und zwar in einem geräumigen Zimmer, wo alles ruhig und still ist. Bevor dies geschieht, steckt man eines der oben erwähnten Thermometer in die Achse des Gefäßes, und merkt so genau als möglich die Zeit an, während welcher das darin enthaltene und mit dieser oder jener Umhüllung umgebene Fluidum erkaltet.

Da nun die Zeit, binnen welcher das Fluidum in der kalten Luft, die dasselbe umgiebt, von seiner Temperatur eine gewisse Anzahl Grade verliert, bald länger bald kürzer ist, je nachdem die Umhüllung des Apparats mehr oder weniger dazu beiträgt, die in dem gedachten Fluidum befindliche Wärme zu erhalten: so ergiebt sich von selbst, daß sich vermittelst dieser Verfahrungsart die relative Wärme der verschiedenen Umhüllungen genau bestimmen läßt.

Ich ließ mir vier Apparate dieser Art machen, die insgesammt so ziemlich einerlei Größe hatten. Die Cylinder hatten vier Zoll im Durchmesser und sind vier Zoll hoch. Die cylinderförmigen Hälse haben ungefähr $\frac{8}{10}$ Zoll im Durchmesser und vier Zoll Länge. Der Hals steht im Mittelpunkte der zirkelrunden Scheibe, die den obern Theil des cylinderförmigen Gefäßes ausmacht, und mitten in der entgegengesetzten Scheibe, die den Boden des Gefäßes bildet, ist eine cylinderförmige Tille (douille) angebracht, die $\frac{8}{10}$ Zoll im Durchmesser hat, und drei Zoll lang ist. In diese Tille wird das Fußgestell eingepaßt, worauf man den Apparat stellt, so daß die Luft, von welcher es umgeben ist, beinahe über die ganze Oberfläche desselben frei und ungehindert hinwegstreichen kann.

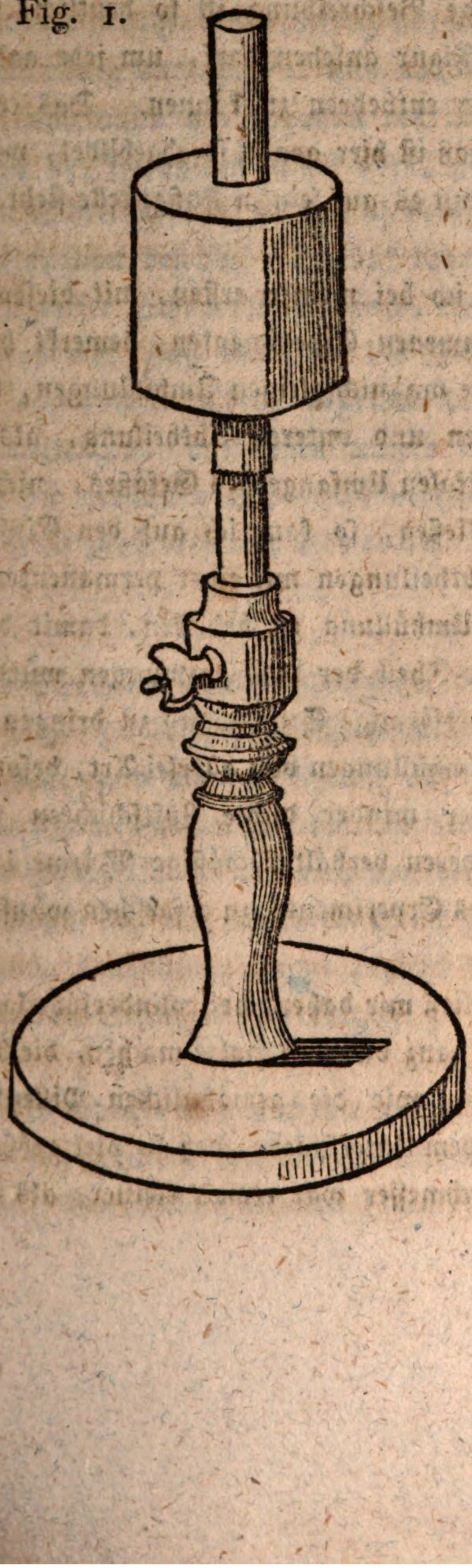
Da der Behälter des Thermometers die Form eines Cylinders hat, und der ganzen Länge nach in der Achse des Gefäßes steckt, so versteht sich von selbst, daß er jederzeit die mittlere Temperatur des darin enthaltenen Fluidums regelmäßig anzeigt, so groß auch übrigens der Unterschied in der Temperatur der verschiedenen Schichten (tranches) des gedachten Fluidums seyn möge.

Das untere Ende der Garnirung des Thermometers, geht zum Theil in den cylinderförmigen Hals des Gefäßes hinein, und gedrängt genug, um zu bewirken, daß das Instrument in seiner gehörigen Stellung bleibt, ohne der Gefahr des Zerbrechens ausgesetzt zu seyn.

Der untere Theil des Thermometer-Behälters, geht beinahe bis auf den Boden des Gefäßes hinab, ohne ihn jedoch zu berühren.

An der hier unten stehenden Figur kann man abnehmen, wie dieser Apparat aussieht, wenn er auf seinem Fußgestelle steht. Dieses Fußgestelle ist dergestalt eingerichtet, daß man das Instrument nach Belieben bald in die Höhe schieben, bald wieder herablassen kann. (In Ermangelung des Raums, hat das Thermometer wegbleiben müssen.)

Fig. 1.



Obige Beschreibung ist so deutlich, daß man nur die Figur ansehen darf, um jede anderweitige Erklärung entbehren zu können. Das cylinderförmige Gefäß ist hier genau so abgebildet, wie es aussieht, wenn es auf seinem Fußgestelle steht.

Da ich bei meinen ersten, mit diesem Apparat vorgenommenen Experimenten, bemerkt hatte, daß sich meine mannichfaltigen Umhüllungen, sowohl an der oberen und unteren Abtheilung, als auch an dem vertikalen Umfange des Gefäßes, nicht gut anbringen ließen, so kam ich auf den Einfall, diese beiden Abtheilungen mit einer permanenten überaus warmen Umhüllung zu bedecken, damit der größtmöglichste Theil der Luft gezwungen würde, durch die cylinderförmige Seitenwand zu dringen, an welcher ich Umhüllungen von allerlei Art, besonders aber mehr oder minder dichte Luftschichten anbringen konnte, deren verhältnißmäßige Wärme ich vermittelst dieses Experiments zu erforschen wünschte.

Ich ließ mir daher zwei cylinderförmige Schachteln von ganz dünnem Holze machen, die beinahe so aussahen, wie die gewöhnlichen Pillenschachteln, nur mit dem Unterschiede, daß sie viel größer waren. Ihr Durchmesser war etwas kleiner, als jener des

Instruments, und ihre Höhe betrug drittehalb Zoll. Ich ließ sie völlig austrocknen, und nachdem ich sie von innen und außen mit Kopallack bestrichen hatte, überzog ich sie, sowohl unten als oben, gleich stark mit feinem Schreibpapier, welches ich ebenfalls dreimal mit Kopallack bestrich. Hierauf bohrte ich in den Boden dieser Schachteln ein Loch, welches gerade so groß war, daß der Hals des Instruments nebst der am unteren Theile desselben befindlichen Tille hineingiengen, auf dessen untere und obere Fläche ich die gedachten Schachteln verkehrt stellte, nachdem ich sie zuvörderst mit Eiderdun angefüllt hatte.

Diese Schachteln wurden ohne sonderliche Mühe auf eine solche Art befestigt, daß sie nicht von der Stelle wichen, und um die Wärme auf eine desto wirksamere Art beisammen zu erhalten, bedeckte man jede dieser Schachteln, so oft man von dem Instrumente Gebrauch machte, mit einem Stück Pelz, und diese nämliche Umhüllung umgab zugleich den Hals, welcher über die Schachtel hervorragte.

Eben so bedeckte man auch die beiden Apparate, welche ich von nun an mit Nro. 1 und 2 bezeichnen werde. Die beiden anderen (Nro. 3 und 4)

blieben in demselben Zustande, wie man sie in der ersten Figur dargestellt sieht, nämlich ohne daß ihre beiden Enden auf eine permanente Art bedeckt wurden.

Zu jedem Experimente gebrauchte man zwei dergleichen Apparate, und zwar immer paarweise. Das eine der vorerwähnten Gefäße war bloß, das andere aber bekleidet. Da nun die erstere dieser beiden Anordnungen dazu diente, daß man immer Vergleichungen anstellen konnte, so ergiebt sich von selbst, daß man auf diese Art viel richtigere Resultate erhielt, als wenn die Experimente an verschiedenen Tagen, mit verschiedenen Enveloppen und auf eine solche Art gemacht worden wären, daß sie so zu sagen isolirt wären, und man sich folglich außer Stand gesehen hätte, sie mit einem und demselben, seiner Beschaffenheit nach unveränderlichen Apparate, vergleichen zu können.

Nun schritt man zu den Experimenten selbst, und trug die Resultate derselben in ein Register ein, wobei man auf folgende Art zu Werke gieng. Man setzte nämlich die beiden Instrumente, deren man sich zu dem Experimente zu bedienen gedachte, und die bereits auf ihren Fußgestellen ruhten, auf den

Erdboden. Man goß so viel kochendes Wasser hinein, daß dasselbe nur noch etwa anderthalb Zoll vom Rande des Halses stand. Man that sodann die Thermometer hinein, und stellte die beiden Apparate, ungefähr drei Schuh weit von einander, auf einen hohen Tisch, der in einem ziemlich geräumigen Saale *) stand, wo man sie, ohne weiter das mindeste damit vorzunehmen, allmählig kalt werden ließ. Nicht weit von diesen Apparaten, und in gleicher Höhe mit denselben, hieng über dieser Tafel ein Thermometer, welches dazu bestimmt war, die Temperatur des Zimmers anzuzeigen. Während der Experimente durfte niemand durch den Saal gehen, und um zu verhüten daß in der Zimmerluft durch die Wärme, welche die von außen hereinfallenden Lichtstrahlen erregen konnten, keine partiellen Ströhmungen verursacht würden, hielt man die von innen im Saale angebrachten Fensterladen sorgfältig verschlossen, bis auf einen, der von Zeit zu Zeit in der Absicht geöffnet wurde, um den Stand des Thermometers zu beobachten, und zu sehen, wie das Experiment von statten gieng.

*) Dieser Saal, welcher zu München an mein Laboratorium stieß, war 19 Schuh breit, 24 Schuh lang und 13 Schuh hoch.

Die Resultate eines jeden einzelnen Experiments wurden auf ein besonderes Blatt erklärt, welches man vermittelst vertikaler und horizontaler Linien in Columnen abgetheilt hatte, und zwar auf die Art und Weise, welche man, um diesem Verzeichnisse den möglichsten Grad von Vollständigkeit zu verschaffen, für die zweckmäßigste hielt. Ich will hier die Abschrift eines dieser Blätter beifügen, woraus man die Resultate eines sehr merkwürdigen Experiments, das sechs und zwanzig Stunden ununterbrochen fortdauerte, ersehen kann.

Experiment über die Wärme.

Veranstaltet zu München den 11. März 1803.

„Die großen cylinderförmigen Gefäße, Nro. „1 und 2 (bestehend aus dünnen Messingblättchen) „wurden mit heißem Wasser gefüllt, und in ein „großes Zimmer gestellt, wo sie unangetastet stehen „blieben. — Die äußersten Enden beider Instru„mente hatte man mit einer stark erwärmenden Um„hüllung von Pelzwerk u. s. w. bekleidet. — Die „polirten vertikalen Seiten des Gefäßes Nro. 1 „hatten keine Umhüllung, die Seiten des Ge„fäßes Nro. 2 waren bloß mit einer Umhüllung von „weißer, zarter, Irländischer Leinwand umgeben,

„die nicht mehr ganz neu war, und an die metallene „Oberfläche dicht anschloß."

Zeit		Temperatur		Temperatur der Luft
St.	M.	No. 1. bloß	No. 2. umhüllt	
10	10	$126\frac{1}{2}^{0}$	126^{0}	$43\frac{1}{2}^{0}$
—	30	$109\frac{1}{2}$	$106\frac{1}{2}$	$43\frac{1}{2}$
—	45	105	$100\frac{1}{8}$	$43\frac{3}{4}$
11	—	$101\frac{1}{4}$	$94\frac{3}{4}$	44
—	$2\frac{1}{2}$	—	94	—
—	15	$97\frac{1}{2}$	$90\frac{1}{4}$	—
—	30	94	$86\frac{1}{4}$	—
—	39	—	84	—
—	45	$91\frac{1}{4}$	$82\frac{1}{2}$	—
12	—	$88\frac{1}{2}$	$79\frac{3}{8}$	—
—	15	$85\frac{1}{2}$	76	—
—	25	84	—	—
—	30	—	$74\frac{1}{2}$	—
—	45	80	70	—
1	—	78	$68\frac{1}{8}$	—
—	30	$74\frac{1}{4}$	$64\frac{1}{4}$	—
2	—	$71\frac{1}{8}$	$61\frac{1}{2}$	$43\frac{3}{4}$
—	30	$68\frac{1}{8}$	$58\frac{3}{4}$	$43\frac{1}{2}$
3	—	$65\frac{3}{4}$	$56\frac{3}{4}$	—
—	30	$63\frac{1}{2}$	$54\frac{3}{4}$	—
4	—	$61\frac{3}{4}$	$53\frac{1}{2}$	$34\frac{1}{2}$

Zeit		Temperatur		Temperatur der Luft
St.	M.	No. 1. bloß	No. 2. umhüllt	
—	30	$59\frac{1}{2}^{0}$	52^{0}	$—^{0}$
5	30	57	$49\frac{3}{4}$	$42\frac{1}{2}$
6	—	$55\frac{1}{2}$	$49\frac{1}{8}$	—
—	30	$54\frac{1}{4}$	$48\frac{1}{4}$	—
7	—	$53\frac{1}{2}$	$47\frac{1}{2}$	42
8	—	$51\frac{1}{2}$	$46\frac{1}{2}$	—
9	—	50	$45\frac{3}{4}$	—
10	—	49	45	—
8	d. 12. März	43	42	40
	Man bringt die Instrumente in ein anderes geheiztes Zimmer.			
8	2	43	42	62
—	32	$44\frac{3}{4}$	$44\frac{3}{4}$	$62\frac{1}{2}$
—	47	46	$46\frac{1}{2}$	63
9	24	48	$49\frac{1}{2}$	—
10	—	50	52	—
—	41	$51\frac{1}{2}$	$53\frac{7}{8}$	—
12	—	54	$56\frac{1}{2}$	—
12	26	$54\frac{1}{2}$	$56\frac{1}{2}$	—
	Hier wurde das Experiment beendigt.			

Aus diesem Verzeichnisse konnte man nun zwar gleich auf den ersten Blick ersehen, ob die Umhüllung, womit das eine dieser beiden Instrumente bekleidet war, die Zeitdauer seines Kaltwerdens verlängerte, oder nicht; wollte man jedoch die Resultate dieser Experimente, und besonders derjenigen, die an verschiedenen Tagen vorgenommen wurden, in der Absicht mit einander vergleichen, um hiernach genau bestimmen zu können, wie viel die eine Umhüllung die andere an Wärme übertreffe: so mußte man ein gewisses Intervall zwischen zwei vom Thermometer angezeigten Temperaturen annehmen, von welchen die eine immer gleich weit von der Temperatur der Zimmerluft entfernt blieb, damit die verhältnißmäßige Bekleidungswärme dieser oder jener Enveloppe, oder ihr Vermögen, bei sich zu behalten, mit Gewißheit nach der Zeitdauer geschätzt werden konnte, die der mit dieser Umhüllung bekleidete Apparat nöthig hatte, sich einer gewissen Quantität Wärme zu entladen.

Das Resultat einer beträchtlichen Anzahl Experimente, überzeugte mich, daß ein und derselbe Apparat allemal unter einer gewissen Anzahl Grade (die eben nicht gar beträchtlich war, und z. B. nur aus 10° bestand) beinahe zu einer und eben derselben

den Zeit erkaltete, wie auch übrigens die Temperatur der im Zimmer befindlichen Luft beschaffen seyn mochte; jedoch immer unter der Voraussetzung, daß die Differenz zwischen der Temperatur des Apparats und der im Zimmer befindlichen Luft, immer dieselbe blieb, wie zu Anfange des Experiments.

Das Intervall, welches ich in der Absicht annahm, die Resultate meiner Experimente mit einander zu vergleichen, besteht aus zehen Grad der Fahrenheitschen Thermometer-Skale, fängt mit dem fünfzigsten Grade der äußeren Lufttemperatur an, und erreicht seine Endschaft mit dem vierzigsten Grade über dieser nämlichen Temperatur. Wenn nun die äußere Luft sich z. B. wie 50° verhielte, so würde das Intervall bei 108° anfangen, und mit 98° seine Endschaft erreichen; sollte sich aber die Temperatur der Luft wie 64½° verhalten, so würde das Intervall mit 114° seinen Anfang nehmen und mit 104° sich endigen.

Man wird aus den nachstehenden Resultaten von eilf Experimenten, die an verschiedenen Tagen und bei verschiedenen Temperaturen der äußeren Luft, vorgenommen wurden, ersehen, daß, wenn die anfängliche Differenz zwischen der Temperatur des Apparats und der Zimmerluft, dieselbe ist, zugleich auch der nämliche Apparat in eben derselben

Zeit fast immer eine gleiche Anzahl Grade der Wärme verliert.

Als man die beiden Flächen, sowohl die obere als die untere, des cylinderförmigen Gefäßes Nro. 1, tüchtig mit Eiderdun, Pelzwerk und dergl. ausgefüttert, und die Seiten desselben in einem großen Zimmer, wo alles ruhig und still war, der äußeren Luft bloßgestellt hatte, erkaltete dasselbe mit 10°; das heißt, es fiel vom funfzigsten Grad, über der äußeren Lufttemperatur, bis zum vierzigsten, und zwar in eben dem Verhältnisse, wie man es in nachstehender Tafel angezeigt findet.

Temperatur der äußeren Luft.	Abnahme der Temperatur von 10 zu 10 Grad, nämlich:	Zeitdauer binnen welcher 10 Grad Wärme verloren gehen.
44°	von 94° auf 84°	55 Minuten.
45½	95¼ 85¼	55½
48	98 88	55¼
51¼	101½ 91	55½
52	102 92	54
54	104 94	54¼
44	94 84	55⅚
42½	92½ 82½	55⅓
45	95 85	56
46	96 86	55
44	94 84	55½

Das Faktum, welches aus diesen Experimenten hervorgeht, ist auch durch viele andere, mit denselben Instrumenten und zwar in einer Temperatur von 64° vorgenommene Experimente, bestätigt worden; hier aber ist der Ort nicht derselben ausführlich zu erwähnen.

Da sich mitunter (obgleich nur selten) der Fall ereignete, daß ich während eines Experiments, wozu gewöhnlich mehrere Stunden Zeit erforderlich waren, zu einer anderen Beschäftigung abgerufen wurde, folglich nicht wahrnehmen konnte, wenn das Quecksilber zu dem einen oder dem anderen Punkte gelangte, der entweder den Anfang oder das Ende des Intervalls bestimmte, so war es schlechterdings nöthig, ein Mittel zu erdenken, wodurch das Fehlende auf eine solche Art ergänzt würde, daß die nicht beobachteten Punkte sich von selbst andeuten müßten.

Zur Erleichterung dieses Vorhabens suchte ich das Naturgesetz auszuforschen, nach welchem warme Körper in einem sie umgebenden kalten Mittel erkalten, und da fand ich denn Ursache, die Schlußfolge zu ziehen:

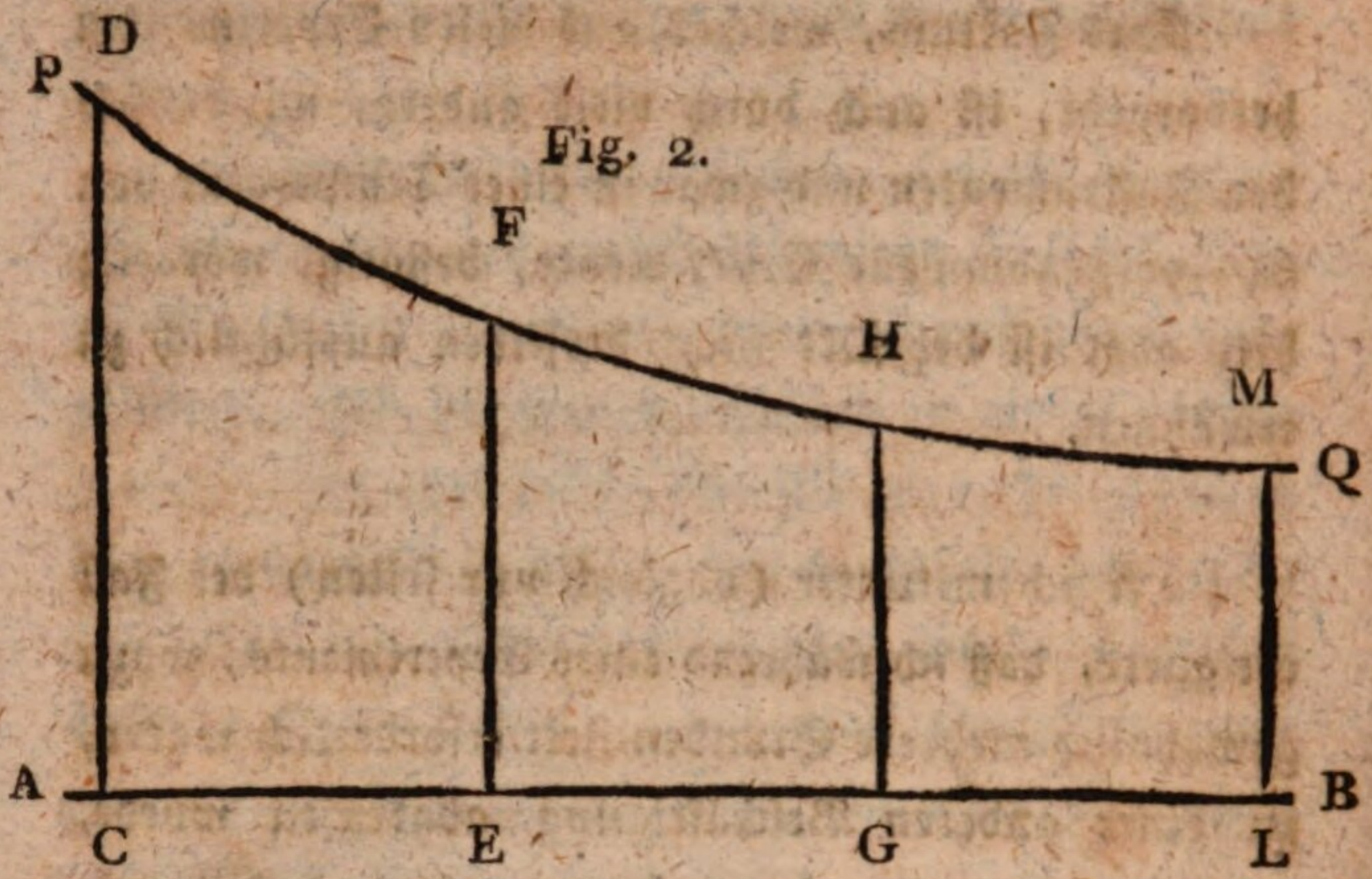


Fig. 2.

Man errichtet auf einer geraden Linie A B, eine Perpendikulärlinie C D, die der Differenz zwischen den nach Graden des Thermometers ausgedrückten Temperaturen warmer Körper, und der dieselben umgebenden mittleren Temperatur, gleicht. Dann drückt man eine gewisse Zeitdauer durch die Abtheilung C E aus, die auf der Linie A B genommen wird, und errichtet auf dem Punkte E eine zweite Perpendikulärlinie E F, die der Differenz der Temperaturen zu Ende der durch C E ausgedrückten Zeit gleicht. Wenn nun, auf eben diese Art, die Perpendikulärlinien G H und L M, die Verschiedenheit der Temperaturen zu Ende der durch E G und G L vorgestellten Temperaturen ausdrücken, so wird die

Curbe PQ, welche man durch die Punkte D, F, H, M, zieht, die logarithmische seyn; oder, wenn auch hierin ein gewisser Unterschied obwalten sollte, so würde doch derselbe, besonders auf eine kleine Anzahl Grade und in Bezug auf eine sich über 40 bis 50 Grad erstreckende Temperatur des umgebenden Mittels, so unbedeutend seyn, daß aus der Voraussetzung, als wenn die gedachte Curbe wirklich die logarithmische sey, kein merklicher Irrthum entstehen kann, und man wird immer im Stande seyn, nach Maaßgabe derselben die Beobachtungen, welche man nicht selbst anstellen kann, durch die Berechnung genau zu bestimmen. Diese Berechnung herausbringen, ist mit Beihülfe einer Logarithmentabelle sehr leicht, wenn man auf folgende Weise verfährt.

Wir wollen annehmen, CD, CG und GH, sey bereits durch Observation bestimmt, und man suche jetzt nur noch vermittelst die Abscisse CE, die irgend einer intermediären Ordonate EF entspricht, durch die Berechnung herauszubringen; oder, was auf eins hinauskömmt, man suche ausfindig zu machen, in welchem Nu sich der Körper, welcher erkaltet ist, in der intermediären Temperatur = EF, zwischen der Temperatur = CD, welche durch die Observation angezeigt ist, zur Zeit C und während

der Temperatur = GH, befunden habe, welche man am Ende der Zeit CG beobachtet hat.

Man nehme den Log. CD — Log. GH : CG : : I : m (m iſt die Modul der Tafeln, oder die Subtangente der Curbe, auf dem Punkte D *) und CE = m + Log. CD — Log. EF.

Wenn man nun z. B. während des Experiments vom eilften März (welches ich ſo eben beſchrieben habe,) den Augenblick, wo das Inſtrument Nro. 2, als es erkaltete, den wichtigen Punkt von 94° erreich-

*) Die Subtangente zeigt an, in welcher Zeit das Inſtrument ſo kalt werden würde, wie die daſſelbe umgebende Temperatur, wenn ſein Kaltwerden auf dem Punkte D immer auf einerlei Art von ſtatten gienge. Und da die Subtangente der logarithmiſchen Linie immer dieſelbe bleibt, wenn P Q die Curbe iſt, ſo folgt, daß die Geſchwindigkeit, mit welcher ein warmer Körper in einem ihn umgebenden flüſſigen Mittel erkaltet, überall von gleicher Beſchaffenheit iſt; denn, wenn ſie jederzeit auf einerlei Art fortdauerte, ſo würde der Körper in der nämlichen Zeit die Temperatur des Mediums annehmen, wenn auch übrigens die Temperatur des warmen Körpers in dem Augenblicke, wo ſein Kaltwerden gleichen Gang hält, noch ſo ſehr übertreffen ſollte.

te, nicht beobachtet hätte, so würde man sich vermittelst der Berechnung auf folgende Art helfen können.

CD = $94\frac{3}{4}$, sey die zunächst beobachtete Temperatur über EF (= 94°); GH = $90\frac{1}{4}$ sey die nächste Temperatur unter diesem Punkte; und CG = 15 Minuten, oder 900 Sekunden bedeute die Zeit, welche zwischen diesen beiden Beobachtungen verstrich.

Nun nehme man, Log. $94\frac{3}{4}$ = 1. 9765792

Log. $90\frac{1}{4}$ = 1. 9554472

Diff. CD — Log. GH = 0. 0211320

und 0. 0211320 verhält sich zu 900 (= CG)

wie 1 zu 42590 = m.

Ferner nehme man Log. $94\frac{3}{4}$ = 1. 9765792

Log. 94 = 1. 9731279

Diff. Log. CD — Log. EF = 0. 0034513

Wenn nun 42590 + 0. 0034513 (= m + Log. CD — Log. EF) = 147 Sekunden ist, so macht dies 2 Minuten 27 Sekunden aus; eine Quantität, die nur um 2 Minuten 30 Sekunden von der beobachteten Zeit abweicht.

Wenn man hiernächst von der um 11 Uhr 30′ = 86¼° beobachteten Temperatur, dann von der um 11 Uhr 45′ = 82½° beobachteten Temperatur, und der zwischen diesen beiden Beobachtungen verstrichenen Zeit = 15 Minuten, nach obiger Berechnung den Augenblick abziehen will, wo die Temperatur des Instruments auf 84° stand (und dieses ist der niedrigste Standpunkt des erwähnten Intervalls von 10°, welcher der Lufttemperatur von 44° entspricht, worin der Apparat erkaltete) so kommen 8 Minuten 55 Sekunden nach 11 Uhr 30′ heraus. Die Beobachtung hingegen zeigt 11 Uhr 39′, so daß dieses Resultat von jenem, das durch die Berechnung herauskam, nur um 5 Sekunden abweicht.

Wenn die Behauptung eines der größten Gelehrten, die je gelebt haben, gegründet ist, daß sich nämlich die Geschwindigkeit, nach welcher ein in ein kaltes flüssiges Mittel getauchter warmer Körper seine Wärme verliert, genau so verhält, wie die Differenz zwischen der Temperatur dieses Körpers, und der Temperatur des denselben umgebenden Mediums, so kann die Curbe PQ schlechterdings keine andere seyn, als die logarithmische. Vielleicht ist sie es wirklich; und wenn dies wirklich der Fall seyn sollte, so würde man die beobachteten Differen-

gen nichts anderem zuschreiben können, als dem Umstande, daß unsere Thermometer auf eine sehr unvollkommene Art abgetheilt sind. Dem zu Folge würde es eben nichts Unmögliches seyn, die Thermometer-Skale auf eine solche Art einzutheilen, daß sie das gleichförmige Wachsthum der Wärme richtig anzeigte. Doch, hier ist der Ort nicht, diese Idee umständlicher aus einander zu setzen; ich werde aber in der Folge Gelegenheit finden, wieder auf dieselbe zu kommen.

Eine große Anzahl Experimente, die ich bloß in der Absicht anstellte, den Gang meiner Instrumente kennen zu lernen, und mich von ihrer Richtigkeit zu überzeugen, will ich hier gar nicht erwähnen, sondern sogleich mehrere auf einander folgende Versuche beschreiben, die mir zu äußerst interessanten Resultaten verhalfen.

Erstes Experiment.

Das große cylindrische Gefäß Nro. 1, welches an den zwei äußersten Enden mit warmhaltender Umhüllung versehen, dessen vertikale sehr fein polirte Wand aber nicht ausgefüttert war, wurde beinahe mit siedendem heißem Wasser gefüllt, dann auf sein Fußgestelle gesetzt, und in einem großen ruhigen

Zimmer, dessen Temperatur nach dem Fahrenheitschen Thermometer 45° Grad betrug, auf einen Tisch gestellt.

Ein anderes mit Nro. 2 bezeichnetes und dem ersteren vollkommen ähnliches Gefäß, das an beiden Enden ebenfalls bekleidet, dessen cylinderförmige Fläche aber zugleich mit einer Umhüllung von feiner Irländischer Leinwand (die Englische Elle, Yard, zu vier Thaler) versehen war, welche dicht an das Metall anschloß, wurde zur nämlichen Zeit mit eben so heißem Wasser gefüllt und auf denselben Tisch gestellt, wo man es kalt werden ließ.

Während dieses Experiments, welches einige Stunden Zeit erforderte, beobachtete man zum öftern die Temperatur dieser beiden Gefäße, und trug sie in ein Register ein. Weiter oben (S. 111) habe ich dem Leser bereits ein Tableau, woraus sich das Kaltwerden dieser beiden Gefäße, nach angestellter Vergleichung ersehen läßt, als erläuterndes Beispiel vor Augen gestellt, und er wird daraus ersehen haben, daß es sehr interessante Resultate enthält.

Zu eben der Zeit, in welcher das Instrument Nro. 1, dessen Wände nicht bekleidet wa-

ren, 55 Minuten bedurfte, um von 94° auf 84° zu fallen, verlor das mit Leinwand bekleidete Instrument Nro. 2 dieselbe Quantität seiner Wärme in 36½ Minuten.

Hieraus erhellet, daß es gewisse Fälle giebt, in welchen eine Umhüllung, anstatt dem Ausströmen der Wärme aus einem warmen Körper hinderlich zu seyn, dasselbe vielmehr befördert.

Ich wünschte daher einen Versuch zu machen, ob vielleicht eine und dieselbe Umhüllung die Annäherung der äußeren Wärme, welche in den Apparat hinein zu dringen sucht, erleichtert wird, oder nicht. Ich ließ daher beide Instrumente bis zu der Temperatur von etwa 42° erkalten, setzte dann beide zugleich in ein geheiztes Zimmer von 62° Wärme, und fand hier, daß der mit Leinwand umhüllte Apparat weit schneller warm wurde, als der unbekleidete *)

Diese ganz unerwartete Entdeckung überraschte mich äußerst, und machte meine Wißbegier dergestalt

*) Eine ausführliche Beschreibung dieses Experiments, welches ich den 11. März 1803 anstellte, steht S. 110.

rege, daß ich mir ernstlich vornahm, nicht eher zu ruhen, bis ich die Ursache hiervon ergründet haben würde.

Die Luft hat bekanntlich die Eigenschaft, daß sie an der Oberfläche gewisser dichter Körper fest hängen bleibt. Ich glaubte daher, es sey vielleicht möglich, daß die Luftpartikeln, welche die Oberfläche des cylindrischen Gefäßes Nro. 1 unmittelbarer berührten, mit einer gewissen Festigkeit daran hängen blieben. Da es nun, wenn sich dies wirklich so verhielt, nicht anders seyn konnte, als daß die an der Oberfläche hängende Luft eine sehr warme Umhüllung bildete, so schien es mir allerdings möglich, daß das Kaltwerden des Gefäßes Nro. 1 durch die an demselben zurückgebliebene unsichtbare Luftschicht verursacht wurde, die vielleicht, während des mit dem Gefäße Nro. 2 vorgenommenen Experiments, vermittelst der kältern aus Leinwand bestehenden Umhüllung, von welcher der Haupttheil des Instruments dicht umgeben war, von ihrer Stelle verrückt, oder gleichsam verwischt seyn konnte.

Ich sah ein, daß die Leinwand nur auf zweierlei Art dazu beitragen konnte, das Kaltwerden zu beschleunigen; entweder dadurch, daß sie das Annä-

hern einer Menge auf einander folgender kalten Luft-partikeln erleichterte, oder indem sie die Wirkungen der Strahlung verstärkte. Um mir nun in Betreff dieses wichtigen Punktes Licht zu verschaffen, stellte ich folgende Experimente an.

Zweites Experiment.

Ich entkleidete den Apparat Nro. 2 von seiner Umhüllung und überzog ihn statt derselben mit einem dünnen und transparenten Anstrich von starkem Leim. Als nun derselbe trocken und hart geworden war, füllte ich beide Apparate mit heißem Wasser, und beobachtete nun wieder wie zuvor die verhältnißmäßige Abnahme der Wärme.

Resultat: Die zum Kaltwerden erforderliche Zeit, erstreckte sich von 10 Grad zu 10 Grad, nämlich vom fünfzigsten bis zum vierzigsten, unter der äußeren Temperatur.

Apparat Nro. 1, unbekleidet = 55 Min.
= Nro. 2 mit Leim angestrichen 43½ =

Wenn wir dieses Experiment einigermaaßen erklären wollen, so müssen wir annehmen, daß der Leimanstrich, welcher nunmehro die eigentliche Ober-

fläche des warmen Körpers ausmachte, das Kaltwerden desselben dadurch beschleunigte, daß er die Annäherung und gleichzeitige Berührung einer Menge auf einander folgender kalter Luftpartikeln, welche sich gegen den Anstrich hindrängten, erleichterte; denn da ein einziger solcher Anstrich die Luftschicht, welche sich unserer Voraussetzung zu Folge an das Metall angehangen hatte, eben so gut beseitigen mußte, als zwei oder mehrere aus demselben Stoffe bestehende Anstriche, so ist leicht zu erachten, daß selbige zusammen genommen eben nicht mehr bewirken konnten, als ein einziger. Wenn hingegen das während dieses Experiments erfolgte Kaltwerden des Apparats nicht dadurch beschleunigt wurde, daß der erwähnte Anstrich auf die schnellere Cirkulation der äußeren Luft einen gewissen Einfluß hatte, sondern vielmehr die Wirkung der aus dem warmen Körper hervorgehenden Strahlungen verstärkte, so konnte man vermuthen, daß zwei Leimschichten mehr wirken würden, als eine. Um nun hinter die Wahrheit dieser Vermuthung zu kommen, machte ich folgendes Experiment.

Drittes Experiment.

Ich überzog den Apparat Nro. 2 zum zweitenmal mit einem Anstrich von Leim, und als derselbe

völlig trocken war, wiederholte ich obigen Versuch, wo ich denn folgendes Resultat erhielt:

		Zeit des Kaltwerdens von 10 zu 10 Grad, nach der bereits angegebenen Art.
Instrument Nro. 1.	Metallene Oberfläche, ohne Bekleidung = = =	55½ Min.
Instrument Nro. 2.	Zweifacher Leimüberzug = = = =	37⅚ =

Als ich wahrnahm, daß zwei transparente Leimschichten das Herausdringen der Wärme stärker beförderten, als eine einzige, so ließ ich die gedachten zwei Schichten mit warmem Wasser dergestalt abwaschen, daß keine Spur davon übrig blieb, und nachdem ich die cylindrische Oberfläche des Apparats völlig gereinigt hatte, überzog ich sie mit einer Schicht Lackfirniß, der ganz durchsichtig war, und keine Farbe hatte. Als der Anstrich trocken war, wiederholte ich meinen Versuch, und er diente mir zum Beweis, daß der Ueberzug von Firniß das Kaltwerden eben so beschleunigte, wie zuvor der Ueberzug von Leim. Ich fügte daher noch eine dritte Schicht hinzu, und wiederholte den gedachten Versuch abermals. Ich trug noch zwei Schichten auf,

und da ich sah, daß das Kaltwerden immer schneller von statten gieng, je mehr ich die Dicke des Anstrichs verstärkte, so trug ich noch vier Schichten auf, die nun zusammen acht Schichten ausmachten. Uebrigens nahm ich immer sorgfältig darauf Rücksicht, daß die letzte Schicht ganz trocken war, ehe und bevor ich eine neue auftrug. Bei diesen acht Schichten mußte ich es aber bewenden lassen, wenn die Dicke des Ueberzugs die größtmöglichste Wirkung hervorbringen sollte, wie ich weiter unten mit Mehrerem darthun werde.

Damit man die Resultate der Versuche, welche ich mit mehreren Firnißschichten von verschiedener Dicke machte, desto leichter übersehen kann, so will ich dieselben in einer Uebersicht hier zusammen stellen, und einer jeden gegenüber den Maaßstab setzen, wornach sie sich mit einander vergleichen lassen, nämlich das Resultat des Experiments, welches ich mit dem Apparat Nro. 1, der keine Bekleidung hatte, veranstaltete.

Nummer

Nummer der Experimente.	Das Instrument erkaltete von 10 zu 10 Grad.	Instrument Nro. 2. überfirnißt Min.	Instrument Nro. 1. entblößt. Min.
Nro. 4	überzogen mit einer Schicht Firniß, in	= 42	in 55½
Nro. 5	überzogen mit zwei Schichten Firniß, in	= 35¾	in 55¼
Nro. 6	überzogen mit drei Schichten Firniß, in	= 30¼	in 55½
Nro. 7	überzogen mit vier Schichten Firniß, in	= 34¼	in 55

Achtes Experiment.

Ich wünschte zu erforschen, ob und welchen Einfluß die Farbe auf diese Resultate habe. Ich schwärzte daher die Wände des Instruments Nro. 2 mit Ruß, der in Leim aufgelöst war und überzog mit diesem Anstrich die achte aus Firniß bestehende Schicht. Hieraus ergaben sich folgende Resultate:

		Zeit des Kaltwerdens
Instrument Nro. 1.	Ohne Bekleidung	54¼ Min.
Instrument Nro. 2.	Mit 8 aus Firniß und einer aus Ruß bestehenden Schicht überzogen	= 34 Min.

Neuntes Experiment.

Da ich sah, daß die Rußschicht, womit ich die dicke Firnißschicht überzogen hatte, das Kaltwerden des Apparats beschleunigte, wusch ich die erstere mit warmem Wasser und letztere mit warm gemachtem Alkohol ab, und bestrich die Wände des Instruments bloß mit einem Ueberzuge von schwarzer mit Leim vermischter Farbe. Als alles trocken war, wiederholte ich mein Experiment, und es kam folgendes Resultat heraus:

		Zeit des Kaltwerdens von 10 zu 10 Grad.
Instrument Nro. 1.	Ohne Bekleidung	55¼ Min.
Instrument Nro. 2.	Geschwärzt mit Leim	35 Min.

Zehntes Experiment.

Um zu entdecken, ob vielleicht bloß der schwarze Anstrich zu der beobachteten Wirkung beitrage, oder ob jeder andere Färbestoff überhaupt dies bewirke, nahm ich jene Schicht wieder weg, und bestrich den Apparat mit weißer Farbe, die ich mit Leim vermischt hatte. Hier sind die Resultate dieses Versuchs:

		Zeit des Kaltwerdens von 10 zu 10 Grad.
Instrument Nro. 1.	Ohne Bekleidung	35¼ Min.
Instrument Nro. 2.	Weiß mit Leim	36 =

Da ich bei den zwei letzteren Experimenten für nöthig erachtete, das Instrument drei bis viermal zu bemahlen, um die metallene Oberfläche dergestalt zu verdecken, daß der Metallglanz nicht hervorschimmerte, so versteht sich von selbst, daß die Leimschicht ziemlich dick seyn mußte; ein Umstand, der nach aller Wahrscheinlichkeit auf die Resultate des Experiments einen sehr merklichen Einfluß hatte, und es mir unmöglich machte, die Wirkung der Farbe genau zu bestimmen.

Eilftes Experiment.

In der Absicht, über diesen sonderbaren Gegenstand etwas mehr Licht zu verbreiten, nahm ich den Anstrich des Instruments Nro. 2. ganz weg, und machte dessen Fläche (oder vielmehr die Fläche seiner vertikalen Wand) völlig schwarz, indem ich mit einem brennenden Wachsstocke darauf herumfuhr. Ich wiederholte sodann den vergleichenden Versuch, und er verhalf mir zu folgenden Resultaten:

	Zeit des Kaltwerdens von 10 zu 10 Grad.
Instrument Nro. 1. Ohne Bekleidung	$55\frac{7}{8}$ Min.
Instrument Nro. 2. Schwarz gemacht über einem brennenden Wachsstocke = = =	$36\frac{1}{8}$ Min.

Um das Quantum des Stoffs, welcher die schwarze Schicht ausmachte, womit das Instrument bedeckt war, gehörig schätzen zu können, wog ich ein kleines Stück sehr feiner und rein gehaltener Leinwand mit möglichster Genauigkeit, und bediente mich dessen um den Dampf, womit das Metall überzogen war, dergestalt abzuwischen, daß derselbe ganz an der Leinwand hängen blieb. Als ich nun letztere nochmals wog, fand sich, daß dieser schwarze Stoff, womit eine ganz glatte metallene Fläche von fünfzig Zoll dergestalt bedeckt war, daß nicht der mindeste Glanz hindurch schimmern konnte, in Allem nur $\frac{1}{1\frac{1}{8}}$ Gran (Troygewicht) wog.

Wenn man nun annimmt, daß die Dichtheit des schwarzen Rauchs so ziemlich der Schwere des Wassers gleichkömmt, so folgt, daß die Dicke der mehrer-

wähnten Schicht nicht über $\frac{1}{4519}$ eines Zolls betrug. Mithin wäre nur noch zu untersuchen, wie es zugieng, daß ein so dünner Ueberzug auf eine so wirksame Art, wie wir aus Obigem ersehen haben, zu dem Kaltwerden des Apparats beitragen konnte.

Bevor ich jedoch diese Untersuchung noch weiter beschreibe, muß ich zuförderst einige Bemerkungen über die Resultate der vorhergehenden Experimente hier einschalten.

Man kann zwar mit Sicherheit voraussetzen, daß die Geschwindigkeit, mit welcher die Wärme die Seitenwände der Instrumente durchdrang *), mit der Zeit, binnen welcher das Kalt-

*) Wider meinen Willen habe ich mich, sowohl hier als anderwärts, gewisser Ausdrücke bedienen müssen, die bei weitem nicht so korrect sind, als ich es gewünscht hätte. So glaube ich z. B. nichts weniger, als daß die Wärme je auf die Art entwischen könne, wie man vielleicht aus meinen Ausdrücken schließen möchte. Indeß durfte ich es eben so wenig wagen, mich anderer Redensarten zu bedienen, um vermittelst derselben die Naturerscheinungen, wovon hier die Rede ist, genau zu bezeichnen, wenn sie auch übrigens noch so gut zu den Thatsachen, die ich vor Augen hatte,

werden während des beobachteten Zwischenraums von 10 zu 10 Graden erfolgte, so ziemlich in umgekehrtem Verhältnisse stand; eben so gewiß war es aber auch, daß während der Experimente aus dem oberen und unteren Theile des cylindrischen Gefäßes ein wenig Wärme entwischte, wenn sie auch übrigens noch so sorgfältig verwahrt waren. Wenn daher die Vergleichung richtig seyn soll, so muß man vor allen Dingen, die verhältnißmäßige Quantität Wärme, welche auf die eben erwähnte Art während der Experimente verloren gieng, zu bestimmen suchen.

Um diesen Punkt auszumitteln, machte ich mit dem einzigen Apparat Nro. 1. zwei vergleichende Experimente; das eine ohne Garnirung an den

gepaßt hätten. Wenn man wirklich entdeckt hätte, daß der Wärmestoff, gerade so wie das Phlogiston, weiter nichts als ein Hirngespinst ist, das (wie es mir immer sehr wahrscheinlich vorkam) schlechterdings nicht existirt, so würde man sich sehr unrichtig ausdrücken wenn man sagte, die Wärme entwische aus dem einen Körper und dringe in den andern hinein. Doch wie oft ereignet sich nicht der Fall, daß man, wenn von Naturerscheinungen die Rede ist, schlechterdings nicht umhin kann, figürliche Ausdrücke zu gebrauchen?

äußersten Enden, das andere mit der Garnirung. Während des ersteren erfolgte das Kaltwerden von 10 zu 10 Grad binnen $45\frac{1}{2}$ Minute; während des zweiten, welches zwischen mehreren anderen Experimenten das Mittel hielt, waren hiezu $55\frac{1}{2}$ Minute nöthig.

Das Instrument war nach folgenden mit möglichster Genauigkeit angegebenen Dimensionen verfertigt:

Durchmesser des cylindrischen Körpers	4. 03 Zoll.
Länge, oder vielmehr Höhe, des Cylinders	3. 96 "
Durchmesser des Halses " " "	0. 8 "
Länge des Halses " " " "	4. 0 "

Diese Dimensionen bildeten die Oberfläche der verschiedenen Theile auf folgende Art: vertikale cylindrische Oberfläche (= 4. 03 + 3. 14159 + 3. 96) = 50. 136 Zoll.

Oberfläche des zirkelförmigen Bodens des Instruments (= 4. 03 + 3. 14159 + $\frac{4.03}{4}$ = 12. 755 Zoll, den Theil der Oberfläche nicht abgerechnet, welchen die Tille einnahm, in welche der Fuß gesteckt wurde.

Oberfläche der zirkelförmigen Scheibe, welche den oberen Theil des Cylinders bildet, (nach Abzug von 0. 502 Zoll, für das in der Oberfläche befindliche runde Loch, durch welches man den unteren Theil des Halses schiebt) = 12. 253 Zoll.

Oberfläche des cylinderförmigen Halses (= 0. 8 + 3. 14159 + 4) = 10. 051.

Wenn man nun annimmt, daß die Wärme alle nicht umhüllte Theile der Oberfläche des Apparats mit gleicher Geschwindigkeit durchdringt, so läßt sich hiernach die verhältnißmäßige Quantität Wärme bestimmen, welche sowohl durch den oberen und unteren Theil des Cylinders während der Experimente entwich, wo die Oberfläche mit einer warmhaltenden Umhüllung umgeben waren.

Wenn man das Instrument ohne Bekleidung kalt werden ließ, so verlor dasselbe in Zeit von 45½ Minute 10 Grad seiner Temperatur.

Will man die verhältnißmäßige Quantität Wärme bestimmen, welche durch die verschiedenen Theile der Oberfläche des Apparats entwich, so muß man zuförderst die Totalsumme, welche während

des Experiments verloren gieng, durch eine gewisse Zahl, zum Beispiel 10,000 ausdrücken. Hierauf nimmt man an, daß diese Quantitäten, alles Uebrige abgerechnet, den Oberflächen entsprechen, und theilt sodann diese Zahl in gehörigem Verhältniß unter die Oberflächen der verschiedenen Theile des Apparats ein.

Wenn man nun z. E. das Verhältniß ausmitteln will, welches der cylindrischen Wand zukömmt, so sagt man: 85. 196 Quadratzoll (Totalfläche) verhalten sich zu 10. 000 (Totalsumme der verflogenen Wärme) wie sich 50. 136 Quadratzoll (Fläche der cylindrischen Wand) zu 5885 verhalten, und gerade so viel beträgt die Wärme, welche in $45\frac{1}{2}$ Minuten, als der Zeitdauer des Experiments, durch die Oberfläche verflog.

Da man nun annehmen darf, daß, unter einerlei Voraussetzung, sich die Quantität der Wärme, welche eine gewisse Fläche durchdringt, sich genau so verhält, wie der hiezu erforderliche Zeitraum, so läßt sich die verhältnißmäßige Quantität Wärme, die während der Experimente, wo der übrige Theil des Instruments mit einer Umhüllung umgeben war, durch die cylindrische Wand drang, sehr leicht bestim-

men; mithin auch jene verhältnißmäßige Quantität, welche sich durch diese umhüllten Theile einen Weg bahnte.

Das Instrument, welches man sowohl oben als unten sorgfältig mit Eiderdun, Pelz und dergl. umhüllt hatte, verlor die 10 Grade seiner Wärme in $55\frac{1}{2}$ Minuten; da nun in $45\frac{1}{2}$ Minuten nur 5885 Theile der Totalwärme durch die cylindrische Wand gedrungen waren, so folgt hieraus, daß in Zeit von $55\frac{1}{2}$ Minuten, nur 7015 Theile durch die gedachte Oberfläche verfliegen konnten, mithin muß der Ueberschuß der Wärme, die durch den Apparat während des mehrerwähnten Experiments verloren gieng, nämlich 2985 Theile, theils durch den oberen, theils durch den unteren Theil und den Hals desselben, (obgleich derselbe mit einer Umhüllung versehen war,) in Zeit von $55\frac{1}{2}$ Minuten hindurch gedrungen seyn.

In der Voraussetzung, daß alles dies richtig berechnet sey, wollen wir nunmehro noch genauer auszumitteln suchen, wie es sich verhältniß-mäßig mit jenen Partikeln der Wärme verhielt, welche während der Zeit durch die cylindrische Wand des Instruments Nro. 2. drangen, als diese Wand von Zeit zu Zeit bloß gestellt wurde, und zwar so, daß sie bald unbe-

kleidet, bald mit verschiedenen Umhüllungen versehen war, die das Durchdringen der Wärme zu erleichtern schienen.

Während des Experiments Nro. 11, in welchem die cylindrische Wand an der Flamme eines Wachsstocks geschwärzt wurde, verlor das Instrument seine 10 Grad in $36\frac{1}{8}$ Minute. In diesem Zeitraume muß eine Quantität Wärme, welche durch die Zahl 1943 ausgedrückt ist, durch die umhüllten äußersten Enden, und durch den Hals desselben, entwischt seyn; denn da 2985 Theile auf diesem Wege in Zeit von $50\frac{1}{2}$ Minuten entwichen, so kann es nicht anders seyn, als daß in $36\frac{1}{8}$ Minuten 1943 Theile auf dieselbe Art in die Luft giengen.

Wenn man nun diese Quantität von 10,000, als der Totalsumme der während des Experiments verloren gegangenen Wärme, abzieht, so bleiben noch 8057 Theile, für dasjenige Quantum, welches während des gedachten Experiments durch die cylindrische Wand des Instruments in die Luft gieng.

Da nun eine Quantität Wärme = 7015 Theilen, $55\frac{1}{2}$ Minuten Zeit braucht, um durch die unbekleidete Wand des Instruments zu dringen, wie wir

bereits dargethan haben, so würde das besagte Quantum = 8057 natürlicher Weise 63¾ Minuten Zeit nöthig haben, bevor es dieselbe Fläche durchdringen könnte.

Als man aber diese Fläche über einem brennenden Wachsstocke schwarz anlaufen ließ, drang das nämliche Quantum der Warme in 36⅛ Minute hindurch. Hieraus erhellet, daß sich die Geschwindigkeit, in welcher die Wärme durch eine polirte warmgemachte Metallfläche, die man in freier Luft wieder kalt werden läßt, davon eilt, zu der Geschwindigkeit, mit welcher sich dieselbe zertheilt, wenn diese Oberfläche schwarz angelaufen ist, nach obiger Berechnung wie 36⅛ zu 36¾, oder beinahe wie 5654 zu 10,000, verhält; denn die Geschwindigkeiten stehen mit der Zeit des Kaltwerdens in umgekehrtem Verhältnisse.

So bemerkte man ferner, daß die Seitenwand des Instruments Nro. 2, welche mit vier Schichten Firniß überzogen war, während des Experiments Nro. 6. zehn Grade ihrer Temperatur in Zeit von 30¼ Minute verlor. In diesem Zwischenraume muß eine Quantität Wärme, die der Zahl 1627 entspricht, durch die äußeren unbedeckten Enden des

Instruments, das Uebrige aber, oder 8373 Theile, müssen durch die überfirnißte Wand entwichen sey.

Diese Quantität = 8373 würde 66¼ Minute nöthig gehabt haben, um durch die nicht überfirnißte Wand des Instruments zu verfliegen, und da sie wirklich in 31¼ Minute hindurchdrang, so ergiebt sich hieraus, daß sich die verschiedenen Grade der Geschwindigkeit in beiden Fällen wie 30¼ zu 66¼, oder wie 4566 zu 10,000 gegen einander verhalten.

Anstatt diese Berechnungen noch weiter auszudehnen, oder mir über die ungewöhnlichen Thatsachen, welche sie uns vor Augen stellen, einige Bemerkungen zu erlauben, wende ich mich vielmehr so geschwind als möglich zu anderen Experimenten, die uns befriedigendere Aufschlüsse gewähren werden. Vorher muß ich aber den Leser mit einem Instrumente bekannt machen, welches ich in der Absicht erfand, jene überaus kleinen Variationen in der Temperatur der Körper messen oder vielmehr entdecken zu können, die durch die Strahlungen der dieselben umgebenden Körper verursacht werden, die sich in einer Temperatur befinden, welche etwas höher oder tiefer steht, als die ihrige.

Dieses Instrument, dem ich die Benennung Thermoscop beilegen werde, ist auf eine sehr einfache Art eingerichtet. *) Es besteht nämlich aus einer langen gläsernen Röhre, deren äußerste Enden umgebogen, und an jedem ihrer oberen Theile mit einer sehr dünnen gläsernen Kugel versehen sind, die anderthalb Zoll im Durchmesser hat. Das Mittelstück dieser Röhre, welches geradeaus geht, liegt horizontal, da hingegen seine beiden Enden, an welchen sich die gläsernen Kugeln befinden, dergestalt aufwärts gekehrt sind, daß sie gegen den horizontalen Theil der Röhre zwei rechtwinklichte Krümmen bilden.

Der horizontale Theil der Röhre ist von der einen Krümme bis zur anderen 15 bis 16 Zoll lang, und die Länge eines jeden seiner äußersten senkrecht stehenden Enden, beträgt 6 bis 7 Zoll. Der innere Durchmesser der Röhre muß ungefähr eine halbe Linie stark seyn.

*) Die hier eingeschaltete Beschreibung des Thermoscops, ist theils aus dem Memoire entlehnt, welches der Erfinder desselben der Königlichen Societät zu London vorlegte, theils aus einigen andern Memoiren über die Wärme, die er erst unlängst dem Französischen Nationalinstitut mitgetheilt hat.

Vermittelst eines kleinen ungefähr eines Zolls langen und etwa eine Linie dicken Behälters von Glas, der an die eine Krümmung der Röhre angeschmolzen ist, und nach unten zu, ein wenig seitwärts, in schräger Richtung hervorragt, wird gerade so viel rothgefärbter Weingeist in das Innere des Instruments geleitet, als dazu erforderlich ist, den Behälter dergestalt anzufüllen, daß die Luft von einer Kugel zur anderen freien Durchzug hat, worauf sodann der Behälter hermetisch verschlossen, und alle Kommunikation zwischen der im Instrumente enthaltenen Luft, und der äußeren atmosphärischen Luft, auf immer unterbrochen wird.

Der Behälter wird auf folgende Art gefüllt: Wenn man zuförderst das äußerste Ende des Behälters dergestalt eingerichtet hat, daß es ein Haarröhrchen bildet, so stellt man das Instrument auf ein feststehendes hölzernes Fußgestelle, und zwar auf die Art und Weise, wie man es in nachstehender Figur abgebildet sieht.

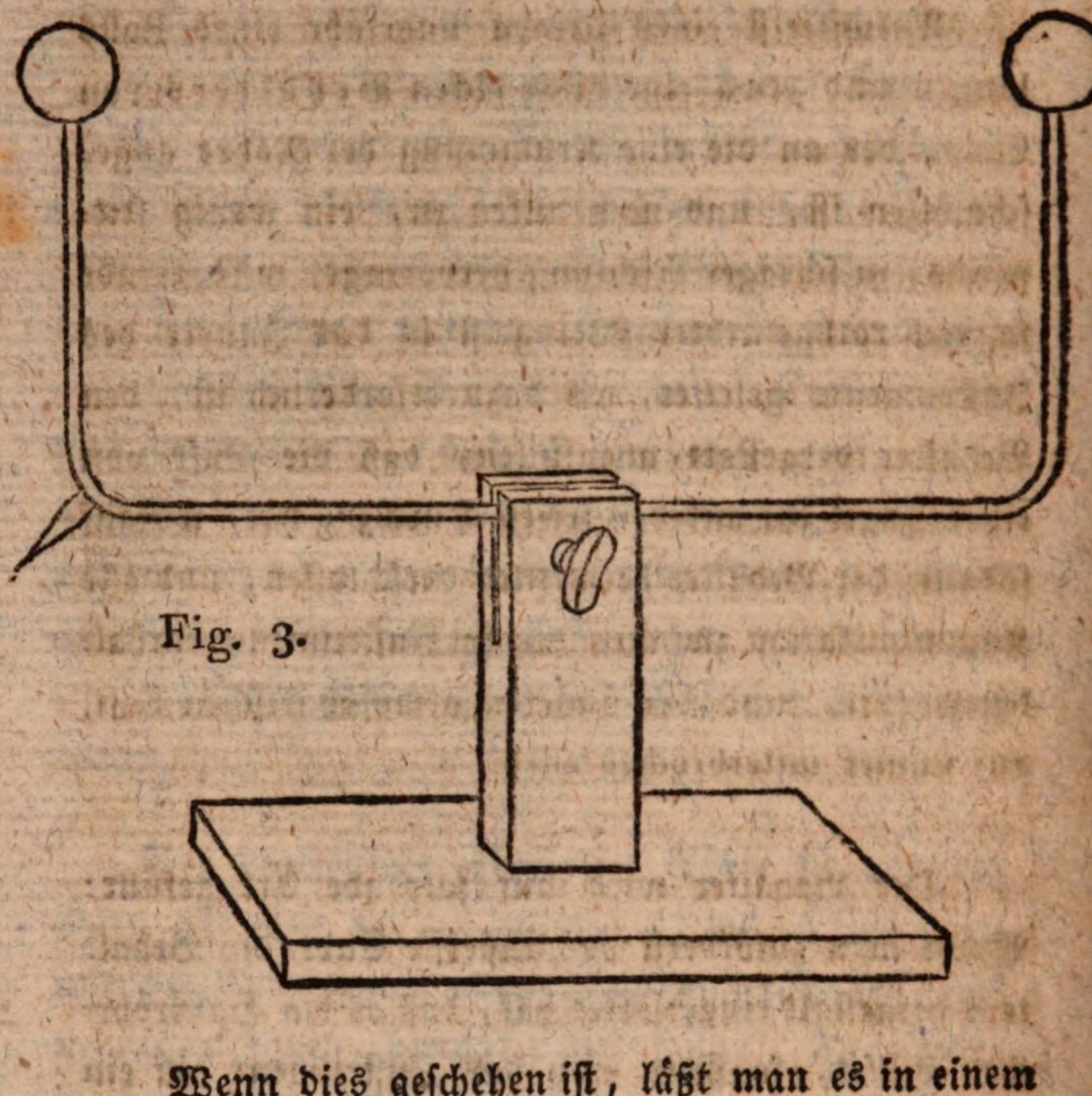


Fig. 3.

Wenn dies geschehen ist, läßt man es in einem ruhigen Zimmer, dessen Temperatur gemäßigt ist und sich immer gleich bleibt, einige Stunden lang stehen. Dann nimmt man das Instrument und taucht das äußerste einem Hahrröhrchen ähnliche Ende, des Behälters, mit möglichster Vorsicht, in ein ganz kleines mit rothgefärbtem Weingeist gefülltes Fläschchen, läßt zugleich dieses Fläschchen an der krummgebogenen Röhre hangen, und bringt sodann das Instrument

ment in ein anderes Zimmer, wo man es ruhig stehen läßt.

So bald nun die in den beiden Kugeln eingeschlossene Luft kalt wird, und einen Theil ihrer Elasticität verliert, wirkt die atmosphärische Luft dergestalt auf den im Fläschchen enthaltenen Weingeist, daß er in den Behälter steigt. Diese Operation geht, wie leicht zu erachten, sehr langsam von statten, da die Oeffnung des Behälters sehr eng ist; auch darf man sich während dieser Zeit dem Instrumente nicht nähern, weil sonst die Ausdünstungen des Körpers die in den Kugeln enthaltene Luft erwärmen, mithin das Steigen des Weingeistes, wo nicht verhindern, doch wenigstens verzögern würden; sondern man muß sich von dem Instrumente so viel möglich entfernen, und es so lange in Ruhe lassen, bis der Weingeist in die Röhre getreten, und dieselbe damit angefüllt ist.

Indeß kann man aber doch nicht umhin, sich dem Instrumente von Zeit zu Zeit zu nähern, und nachzusehen, wie die Operation von statten geht, um das einem Haarröhrchen ähnliche Ende des Instruments, vermittelst eines brennenden Wachsstocks und einer Löthröhre sogleich zuschmelzen zu können,

wenn eine hinlängliche Quantität Weingeist in die Röhre getreten ist.

Wenn man sich dem Instrumente mit dem brennenden Wachsstocke nähert um das Instrument zuzuschmelzen, muß man mit möglichster Sorgfalt zu Werke gehen, damit die Wärme nicht auf die andere, der ersteren gegenüber befindliche Kugel wirkt, und die darin befindliche Luft ausdehnt; denn widrigenfalls würde die ganze Verfahrungsart zu nichts taugen, und man dieselbe von neuem anfangen müssen.

So bald der Behälter voll ist, und man dessen äußerstes Ende hermetisch verschlossen hat, ist das Instrument fertig und zu den auf folgende Art zu veranstaltenden Experimenten geschickt.

Man läßt die Kugel, welche am weitesten vom Behälter entfernt ist, ein wenig warm werden, und zwar dadurch, daß man ein Paar Minuten lang in einer Entfernung von zwei bis drei Zoll, die flache Hand davor hält. Hierauf dreht man das Instrument plötzlich um, damit der Behälter zu oberst kömmt, und eine kleine Quantität Weingeist in die horizontal liegende Röhre steigt. Dann bringt man das Instrument wieder in die vorige Richtung, ent-

fernt sich davon, und wartet so lange, bis die kleine Quantität Weingeist, welche in die horizontal liegende Röhre gestiegen ist, darin stehen bleibt. Dies geschieht in eben dem Nu, in welchem die in den beiden Kugeln enthaltene Luft dieselbe Temperatur erreicht.

Der Weingeist in der kleineren Kugel, die an dem Instrumente die Stelle des Zeigers vertritt, und deren Länge etwa drei Quadratzoll beträgt, muß denselben Standpunkt erreichen, wie der im Mittelstücke der horizontal liegenden Röhre. Wenn er höher oder niedriger als die eine oder die andere ihrer Krümmungen stünde, so würde man den Weingeist wieder in den Behälter zurücktreten lassen, und die ganze Procedur von vorn anfangen müssen.

Wenn man mit dieser mißlichen Operation fertig ist, wird hinter dem horizontalen Theile der Röhre ein in gleiche Theile abgetheilter Maaßstab angebracht, vermittelst dessen man sowohl das Stillstehen als auch das Fortrutschen des mit Weingeist gefüllten Fläschchens sehr genau wahrnimmt, und nun erst ist das Instrument vollständig, und so beschaffen, daß man von demselben Gebrauch machen kann. Man bedient sich dessen auf folgende Art:

Das Instrument wird auf einen Tisch gestellt, und zwar in der Mitte eines großen Zimmers, wo kein Luftzug ist, und die Temperatur sich immer gleich bleibt. Dann setzt man zwischen die beiden Kugeln einen dünnen Schirm von Goldpapier, läßt das Instrument ganz ruhig stehen, und hält sich so lange von demselben entfernt, bis die in den Kugeln enthaltene Luft dieselbe Temperatur angenommen hat, die in dem Zimmer herrscht. Diese Gleichheit der Temperatur kündigt sich durch den Ruhestand des mit Weingeist gefüllten Fläschchens an, das an dem Instrumente die Stelle des Zeigers vertritt. Wenn dieses Fläschchen sich ruhig verhält, so notirt man die Stelle der Röhre, wo es stehen blieb, welches sich vermittelst des Maaßstabs, dessen man sich statt der Skale bedient, leicht wahrnehmen läßt. Hierauf bringt man einen warmen (oder auch einen kalten) Körper ganz nahe an eine der Kugeln des Instruments, wobei man aber zugleich Bedacht darauf zu nehmen hat, daß die andere Kugel vermittelst des gedachten Schirms gänzlich verdeckt und gegen die warmmachenden oder kaltmachenden Einflüsse dieses nämlichen Körpers geschützt ist.

Wenn nun der Körper, welchen man auf die eben erwähnte Art an das Instrument hält, eine

höhere Temperatur hat, als die Kugel, so wird diese Kugel, nebst der darin enthaltenen Luft, durch die warmmachenden Strahlungen dieses Körpers erwärmt, zugleich auch die Elastizität dieser Luft durch die zunehmende Wärme verstärkt werden, so, daß das mit Weingeist gefüllte Fläschchen seinen Platz verändern, und weiter fortrücken muß, um sich der anderen Kugel zu nähern.

Wenn hingegen der Körper, welchen man an die eine Kugel des Instruments hält, kälter als diese Kugel ist, so werden die kaltmachenden Einflüsse dieses Körpers, der in dem Fläschchen enthaltenen Luft einen stärkeren Grad von Kälte mittheilen, und da sich hierdurch die Elastizität dieser Luft vermindert, so wird sich das Fläschchen mit Weingeist der gedachten Kugel mehr nähern.

Die Geschwindigkeit, mit welcher das Fläschchen sich fortbewegt, verhält sich genau so, wie die Intensität der Wirkung des Körpers, welchen man an das Instrument hält.

Wenn man nun die Intensitäten der Wirkungen zwei verschiedener (gleich viel übrigens ob warmmachender oder kaltmachender) Körper, mit einander

vergleichen will, so nähert man beide zugleich den zwei Kugeln des Instruments, und richtet die Entfernungen derselben von den beiden Kugeln dergestalt ein, daß das Fläschchen mit Weingeist unbeweglich auf einer und derselben Stelle bleibt. So bald dies geschehen ist, bleibt nicht der mindeste Zweifel mehr übrig, daß jene beiden Körper auf die Kugeln, welchen man sich damit genähert hat, von beiden Seiten gleich stark gewirkt haben, so daß nunmehro die Intensität der Strahlung eines jeden Körpers nach der Quantität seiner gegen die Kugel gekehrten Oberfläche und vermöge der Quadratzahl seiner Entfernung von dieser Kugel, berechnen läßt.

Wenn es darauf ankömmt, die Intensität der warmmachenden Wirkung eines warmen Körpers, mit der Intensität der kaltmachenden Wirkung eines kalten Körpers zu vergleichen, so muß man zuförderst die eine Kugel des Instruments gänzlich, d. i. von allen Seiten verdecken, worauf man sodann die gedachten zwei Körper in einem und demselben Nu, der anderen Kugel, und zwar auf den entgegengesetzten Seiten derselben, nahe bringt, und den Abstand derselben dergestalt einrichtet, daß ihre gleichzeitigen Wirkungen auf diese Kugel einander völlig gleich sind, oder, welches eben so viel sagen will,

bis der eine Körper sie eben so sehr erwärmt, als der andere sie kalt macht.

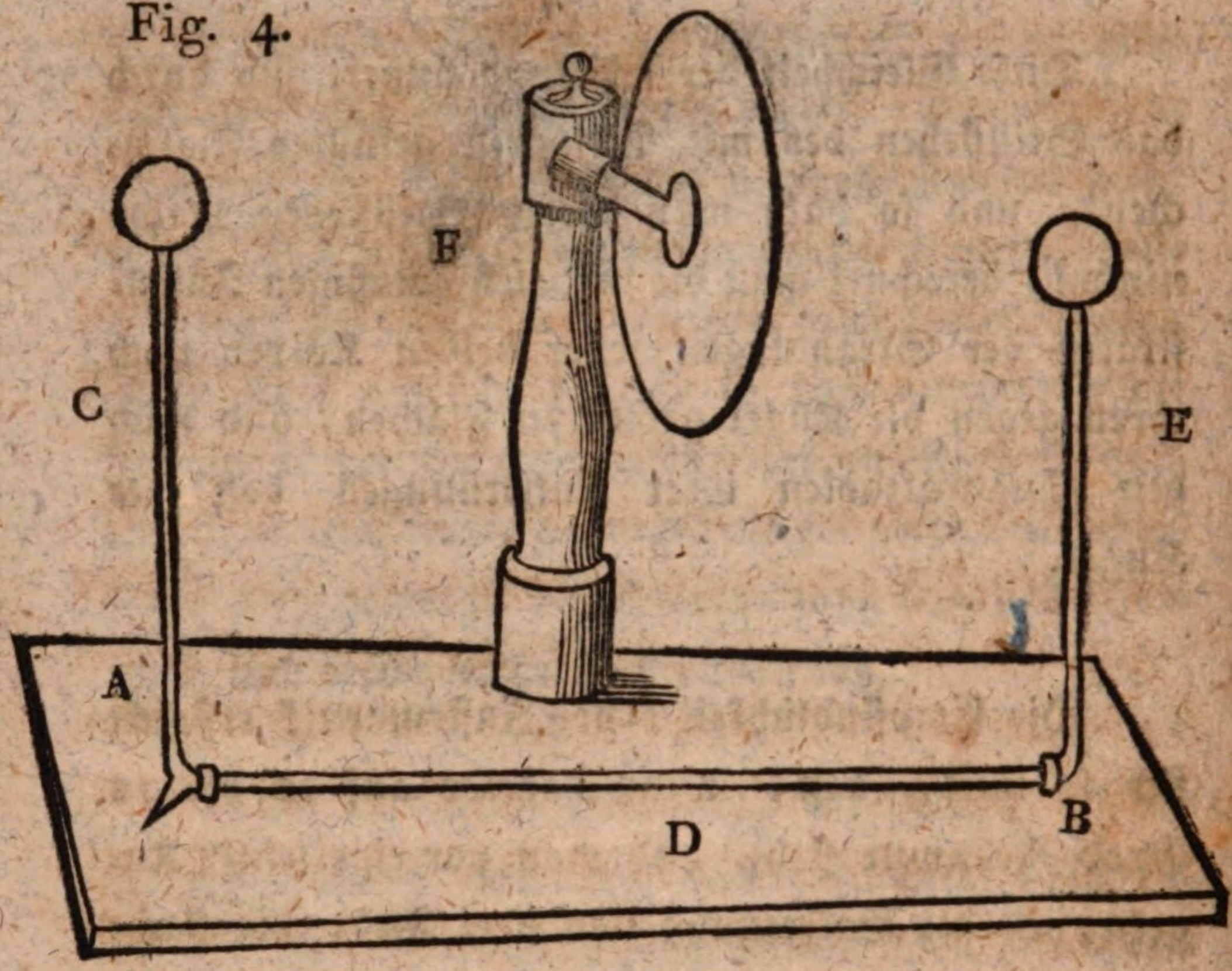
Diese Gleichheit der Wirkung äußert sich durch das Stillstehen des mit Weingeist gefüllten Fläschchens, und so bald man dieses Stillstehen wahrnimmt, berechnet man die verhältnißmäßigen Intensitäten der Strahlungen jener beiden Körper nach ihren gegen die Kugel gekehrten Flächen, und nach den Quadratzahlen ihrer Entfernungen von der Kugel.

Die Empfindlichkeit dieses Instruments erstreckt sich so weit, daß, wenn dasselbe auf 10 bis 12 Grad Reaumur steht, und man vor eine seiner Kugeln, in der Entfernung von drei Fuß, die flache Hand hält, die aus derselben hervorgehenden Strahlungen der Wärme sogleich bewirken, daß sich das mit Weingeist gefüllte Fläschchen zu bewegen anfängt, und nach der anderen Kugel zu um einige Linien weiter fortrückt.

Uebrigens läßt sich dieses Instrument auf mancherlei Art einrichten, die mehr oder minder kostspielig, mehr oder weniger bequem ist. Die einfachste

Einrichtung, welche man demselben geben kann, ist in nachstehender Figur dargestellt.

Fig. 4.



AB stellt ein Bret vor, das 24 Zoll lang, 8 Zoll breit, und einen Zoll dick ist. Es dient dazu, die krummgebogene Röhre CDE, an deren Obertheilen sich die beiden Kugeln befinden, auf demselben zu befestigen.

Der Behälter, welcher dazu beiträgt, daß die beiden Enden der Röhre in senkrechter Stellung blei-

ben, geht durch ein kleines Loch, das absichtlich in das Bret gemacht wurde, denselben aufzunehmen, und ist, so wie der horizontal liegende Theil der Röhre, vermittelst seidner Fädchen, die durch kleine in das Bret gebohrte Löcher gesteckt, und oben zugebunden werden, am Brete befestigt. Das Fortrükken des Fläschchens mit Weingeist, wird vermittelst eines beweglichen in gleiche Theile abgetheilten Maaßstabes bemerklich gemacht, der auf dem Brete, und zwar unmittelbar hinter dem horizontal liegenden Theile der Röhre angebracht ist. Dieser Maaßstab ist in obiger Abbildung nicht angedeutet.

Der Träger F, dessen horizontaler Arm den runden vertikalen Schirm hält, welchen man in der Figur abgebildet sieht, ist in das Bret A B fest eingefugt. Dieser Schirm ist von Pappe gemacht, und auf beiden Seiten mit Goldpapier überzogen. Er verhindert, seiner Bestimmung zu Folge, daß die Strahlungen eines Körpers, der in die Nähe der einen Kugel des Instruments gebracht wird, auf die andere, ihr gegenüber befindliche Kugel nicht wirken können. Mitunter bedient man sich während der Experimente auch noch anderer solcher Schirme; denn das Instrument ist so außerordentlich reizbar, daß man sich demselben nur nähern darf, um es sogleich

in Unordnung zu bringen, und das mit Weingeist gefüllte Fläschchen in Bewegung zu setzen, wofern man dies nicht durch wirksame Maaßregeln zu verhindern sucht und beide Kugeln durch Schirme verdeckt. Diese Schirme sind leicht und bald verfertigt, wenn man einige Bogen dünnes Papier dazu nimmt, die ungefähr zwei Quadratfuß im Umfange haben, dann auf beide Seiten starkes Papier leimt, und sie mit Goldpapier überzieht.

Damit diese Schirme in vertikaler Stellung bleiben und sich zugleich willkührlich bewegen lassen, bediene ich mich eines Stocks, welcher $12\frac{1}{2}$ Zoll hoch und am äußersten Ende mit einer Schraube versehen ist, die auf der Seite in das hölzerne Kreuz paßt, das die Mitte des Schirms bildet. Der untere Theil dieses Stocks ist in ein Stück Holz eingeschraubt, welches acht Zoll im Quadrat hat, einen Zoll dick ist, und dem Ganzen zur Stütze dient.

Um bemerken zu können, wie das mit Weingeist gefüllte Fläschchen am Schirme vorbeirückt, macht man ein Glasfensterchen in den Schirm, und zwar so hoch als es die Absicht erfordert.

Damit der Beobachter, wenn er auch niemand

bei sich hat, die warmen oder kalten Körper, deren Wirkung er zu erforschen sucht, den Kugeln, ohne die Augen vom Instrumente zu verwenden, nach Belieben näher bringen, oder sie von denselben entfernen, zugleich auch die gegenseitige Entfernung derselben von den gedachten Kugeln mit völliger Gewißheit wahrnehmen kann, ohne den Zeiger des Instruments aus den Augen zu verlieren, bediene ich mich folgender eben so einfachen als pünktlich übereintreffenden Verfahrungsart:

Ich gebrauche hiezu eine Art Büchse, oder Röhre von Weidenholz, die an beiden Enden offen, und, von außen gemessen, sechs Zoll lang, zwölf Zoll breit und fünf Zoll hoch ist. Die Seitenwände derselben bestehen aus anderthalb Zoll dicken Bretern, und sowohl der obere als untere Theil sind nur einen Zoll stark. Von obenher ist diese Röhre nur in der Breite von achtzehn Zoll zu. Auf diesen Theil wird das Thermoskop gesetzt. Auf der einen wie auf der anderen Seite, steckt ein Schieber in der Röhre, der sechs und zwanzig Zoll lang ist, und in zwei auf beiden Seiten angebrachten ziemlich tiefen Krümmen geht. Jeder dieser beiden Schieber ist nach unten zu mit einem Kammrade versehen, wodurch ein im Inneren der Büchse verborgenes Getriebe in Bewe-

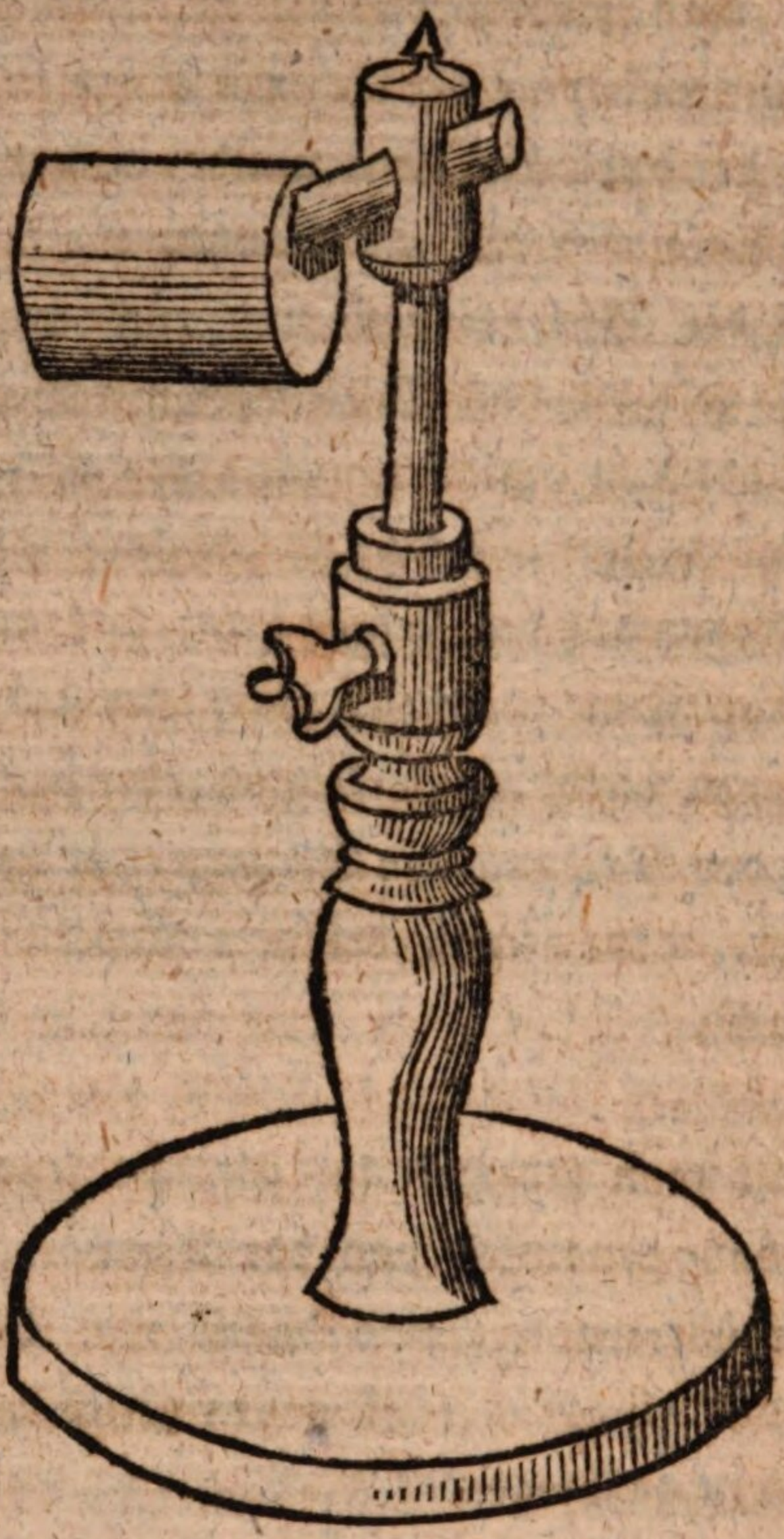
gung gesetzt wird, und an dessen hervorragender Achse ein Griff angebracht ist, so daß der Beobachter, wenn er diese beiden Griffe in die Hände nimmt, sowohl den einen als den anderen der beiden Körper, deren er sich zu seinem Experimente bedient, so langsam als er nur will vorwärts und rückwärts bewegen kann. Jeder dieser beiden Schieber ist mit einer Abtheilung des Nonius versehen, an welcher man, da sie einer in Zolle abgetheilten Skale entspricht, die an der daneben befindlichen Seitenwand der Büchse vermerkt ist, jeden Augenblick auf das genaueste wahrnehmen kann, wie viel die absolute Entfernung des Körpers von der Kugel beträgt, in deren Nähe derselbe placirt war. Die obere Fläche der beiden Schieber liegt ungefähr $\frac{1}{8}$ Zoll tiefer, als jene des an der Büchse befestigten Deckels, damit man, wenn etwa der Fuß des Thermoskops auf der einen oder der anderen Seite über dem Rande des Deckels hervorstehen sollte, die unterhalb desselben befindlichen Schieber ungehindert hin und her bewegen kann, ohne daß dasselbe im mindesten verrückt wird.

Man wird aus Obigem von selbst den Schluß machen, daß das Thermoskop dergestalt auf den Deckel der Büchse gestellt wird, daß seine beiden Kugeln

mit der Achse des Deckels in paralleler Richtung stehen, daß man sodann die beiden warmen Körper von der einen wie von der anderen Seite in die Verlängerung der durch das Centrum der Kugel gehenden Horizontallinie und auf die Stützen placirt, welche vermittelst der Schieber vor- und rückwärts bewegt werden, so wie diese der Beobachter mit Beihülfe der daran befindlichen Griffe hin und her drehen kann. Wenn nun dieser nämliche Beobachter mit unverwandten Augen auf den Zeiger sieht, so kann er leicht die Stelle ausfindig machen, wo dieser Zeiger unbeweglich stehen bleibt, und folglich eine vollkommene Gleichheit der Wirkung von Seiten der beiden Körper statt findet, wovon man bei dem Experimente Gebrauch macht.

Damit man jederzeit im Stande seyn möchte, sich auf das genaueste von der Temperatur dieser Körper zu überzeugen, und damit ihre Oberflächen noch überdies einander vollkommen gleich wären, ließ ich von dünn geschlagenem Messing zwei cylinderförmige Gefäße verfertigen, welche einerlei Größe hatten, und an welchen, bei dem einen wie bei dem andern, auf der einen Seite ein cylinderförmiger schräger Hals angebracht war, wie man aus der hier unten befindlichen Figur ersieht.

Fig. 5.



Der Cylinder liegt horizontal, damit man den runden Boden desselben in vertikaler Richtung an die eine Kugel des Thermoskops so nahe als möglich anrücken kann. Das cylinderförmige Untertheil seiner

Stütze, steckt in einem hölzernen Fußgestelle, wo es vermittelst einer Druckschraube befestigt ist, und zwar in einer solchen Höhe, daß die Achse des Cylinders in die Verlängerung der Horizontallinie paßt, die zunächst an das Centrum der beiden Kugeln gränzt.

Dieses cylindrische Gefäß hat drei Zoll im Durchmesser, und ist vier Zoll lang; sein schräger Hals ist 3. 8 Zoll lang, und hat im Durchmesser o. 86 Zoll. Man hat dem Halse deswegen diese (schräge) Richtung gegeben, damit das Wasser, welches man zuweilen in das Gefäß gießt, nicht herauslaufen kann, wenn das Gefäß, wie aus der Figur zu ersehen ist, eine horizontale Richtung erhält.

Ins Innere dieses Gefäßes wird ein Thermometer gesteckt, dessen cylinderförmiger Behälter vier Zoll lang ist, und da die Skale dieses Thermometers ganz aus dem Halse hervorragt, so kann man hiernach die Temperatur des in dem Gefäße enthaltenen Fluidums genau beurtheilen.

Bei der Verfertigung eines Thermoskops, hat man besonders darauf zu sehen, daß man eine solche Röhre wählt, die einen schicklichen Durchmesser hat. Ist dieselbe zu eng, so wird man finden, daß es

beinahe nicht möglich ist, den Weingeist in einer zusammenhängenden Masse zu erhalten. *) Ist sie zu weit, so wird die kleine Säule des Fluidums, welche die Stelle des Zeigers vertritt, an den äußersten Enden derselben nicht gut vertheilt seyn. Die beste Dimension ist diejenige, vermöge welcher ein Zoll

*) Wenn sich das in der Röhre befindliche Fluidum, wie dies oftmals zu geschehen pflegt, in mehrere kleine Massen bildet, die von einander ganz abgesondert sind, so geht die Empfindlichkeit des Instruments fast gänzlich verloren, und es ist unumgänglich nöthig diese abgesonderten Theile wieder in eine einzige Masse zu vereinigen. Dies wird dadurch bewirkt, wenn man die beiden Kugeln wechselsweise bald in die eine bald in die andere Hand nimmt, und diese kleine Bläschen vermittelst der natürlichen Wärme ununterbrochen hin und her jagt. Die kleinen Quantitäten des Fluidums, woraus jene Kügelchen entstehen, bleiben alsdann an den Wänden der Röhre hängen, und jene kleinen Bläschen verschwinden. Wenn man nun die große Blase ganz langsam von einem Ende der Röhre zum andern treibt, so wird sich das ganze Fluidum wieder in eine einzige Masse vereinigen.

Die Entstehung jener kleinen Bläschen rührt offenbar von der Distillation des Fluidums her, die im Innern der Röhre vorgeht, und sich auf keine Weise verhindern läßt.

Zoll Länge fünfzehn bis achtzehn Gran Queckſilber faßt. Nach Verhältniß dieſer Weite, können die Kugeln ungefähr anderthalb Zoll im Durchmeſſer haben.

Ich beſitze ein Inſtrument, deſſen horizontal liegende Röhre ganz mit Weingeiſt gefüllt iſt, bis auf einen kleinen Raum gegen die Mitte der Röhre, wo eine kleine Luftkugel vorhanden iſt, welche die Stelle des Zeigers vertritt. Demungeachtet thut mir aber dieſes Inſtrument weniger gute Dienſte, wie jedes andere, worin nur eine ganz kleine Quantität Flüſſigkeit enthalten iſt.

Ich kann mich für diesmal nicht weiter darauf einlaſſen, die Beſchaffenheit dieſer Inſtrumente noch umſtändlicher zu beſchreiben, ſondern will nunmehr Rechenſchaft von den Experimenten ablegen, wozu dieſelben beſtimmt waren.

Jene, deren ich bereits erwähnt habe, hatten mir mehr als einen Grund dargeboten, nach welchem ich vermuthen konnte, daß nicht alle die Wärme, die ein Körper verliert, welchen man in freier Luft kalt werden läßt, von den Partikeln jener Flüſſigkeit weggeführt werde, von welchen er nach und nach berührt wird, ſondern daß vielmehr ein beträchtlicher

Theil dieser Wärme als Strahlen entweiche, welche die transparente Luft, durch welche sie ihren Weg nehmen, nicht erwärmen, sondern nur dann erst Wärme verursachen, wenn sie irgendwo aufgehalten und eingesogen werden. Ich vermuthete, daß in allen jenen Fällen, wo ich bemerkt hatte, daß das Kaltwerden meiner Apparate durch das Daseyn der Umhüllungen, womit ihre Metallflächen bekleidet waren, beschleunigt wurde, diese nämlichen Umhüllungen die Aussendung der warmmachenden Strahlen aus den gedachten Flächen auf irgend eine Art erleichtert und befördert haben müßten.*)

Diese Vermuthung setzt freilich voraus, daß verschiedene Substanzen, die bis zu einerlei Temperatur erwärmt sind, ungleiche Quantitäten warmmachender Strahlen von sich geben; indeß sehe ich nicht ein, warum ich das Gegentheil glauben sollte, und ich eilte daher um so mehr, mir alle meine Zweifel durch folgende Experimente zu benehmen.

*) Man wird unfehlbar bemerken, daß ich mich hier solcher Ausdrücke bediene, die sich mit meinen Meinungen über die Beschaffenheit der Wärme nicht wohl vereinbaren lassen, ich werde mich aber zur gehörigen Zeit bestimmter ausdrücken.

Zwölftes Experiment.

Man nahm zwei cylindrische Gefäße von Messing, mit einer schrägen Röhre, von außen überaus fein polirt, jedes von drei Zoll im Durchmesser und vier Zoll Länge, kurz, zwei Gefäße die genau so beschaffen waren, wie die so eben beschriebenen, befestigte dieselben in horizontaler Richtung auf ihren Fußgestellen, füllte sie mit Wasser, das bis zu 180 Grad Fahrenheit erwärmt war, und stellte sie auf ihren runden und platten Fußböden bis auf zwei Zoll in die Nähe der beiden Kugeln des Thermoskops.

Wenn man nun diese warmen Körper zu gleicher Zeit, oder welches noch besser war, nachdem man zuförderst zwei Schirme vor die beiden Kugeln gesetzt hatte, bis auf eine Entfernung von einem Zoll vor dieselben hinstellte, und sie nachher zu gleicher Zeit wieder wegnahm, blieb das mit Weingeist gefüllte Fläschchen in der Mitte des horizontal liegenden Theils der Thermoskopröhre unbeweglich an seiner Stelle; so bald man aber den einen dieser warmen Körper der Kugel, vor welcher er sich befand, nur ein klein wenig näher brachte, und der andere Körper auf seinem Platze blieb, setzte sich das Fläschchen sogleich in Bewegung und rückte nach der andern Kugel zu.

Wenn man hingegen den einen dieser warmen Körper ein wenig entfernte, und der andere in der vorigen Distanz blieb, zog sich das Fläschchen von letzterm schnell zurück.

Wenn man nur den einen warmen Körper in die Nähe der einen Kugel brachte, fieng das Fläschchen sogleich an sich zu bewegen, und man hätte dasselbe, wenn man es sonst Willens gewesen wäre, über die ganze Röhre hinweg und bis zur gegenüber befindlichen Kugel forttreiben können; dies darf aber nie geschehen, weil sonst das Instrument ganz in Unordnung kommen würde.

Nachdem ich durch diese vorläufigen Versuche die Empfindlichkeit und Präcision meines Instruments näher kennen gelernt hatte, schritt ich nunmehr zu folgendem entscheidenden Experimente.

Dreizehntes Experiment.

Ich ließ den flachen runden Boden des einen cylindrischen Gefäßes, über einem brennenden Wachsstocke schwarz anlaufen, füllte sowohl dieses als auch das andere mit Wasser, das bis zu 180 Grad Fahrenheit warm gemacht war, und stellte beide wie zuvor, in gleicher Entfernung von zwei Zoll an die beiden Kugeln des Instruments.

Der Zeiger wurde sogleich durch die stärkere Einwirkung der schwarzen Oberfläche fortgerückt, und blieb nicht eher an seiner Stelle, bis man das schwarz angelaufene Gefäß acht Zoll weit von seiner Kugel entfernt hatte; das andere ließ man zwei Zoll weit von der seinigen stehen.

Dieses Experiment schien mir über den Gegenstand, welcher meine Aufmerksamkeit schon seit so langer Zeit an sich gezogen hatte, viel Licht zu verbreiten, und eröffnete mir zugleich ein weites Feld, zu eben so neuen als interessanten Forschungen.

Schon war ich im Stande, mir auf eine etwas mehr befriedigende Art die Erscheinungen zu erklären, wozu ich in den vorhergehenden Experimenten, trotz aller meiner Mühe keinen zureichenden Grund fand; insbesondere das schnellere Kaltwerden der Oberflächen, das vermittelst der verschiedenen Umhüllungen oder Anstriche, womit ich dieselben überzogen hatte, bewirkt worden war. Jetzt machte ich nun den Anfang mit mehreren auf einander folgenden Experimenten von mancherlei Art, wodurch ich ein noch helleres Licht über die unsichtbaren mechanischen Wirkungen zu verbreiten hoffte, die bei dem Warmwerden und Kaltwerden der Körper statt finden.

Vor allen Dingen kam es darauf an zu erforschen, ob die mancherlei Substanzen, die, als ich mich derselben zu den Umhüllungen bediente, in so vorzüglichem Grade das Kaltwerden der Metallflächen befördert hatten, auf eben die Weise nun auch die Aussendung der warmmachenden Strahlen aus eben dergleichen Flächen beschleunigen würden, wenn ich dieselben an die Kugeln meines Thermoskops brächte. Ich fand daß diese Wirkung erfolgte.

Und da hiernächst alle diese Experimente auf die überzeugendste Art zum Beweise dienten, daß alle jene Substanzen, die, als ich selbige in meinen vorigen Experimenten auf die Metallflächen anwandte, das Kaltwerden meiner Gefäße befördert hatten, nun auch die Aussendung der warmmachenden Strahlen beschleunigten, oder wenigstens erleichterten, so konnte ich den Einfluß der Strahlungen auf das Warmwerden und Kaltwerden der Körper nicht länger in Zweifel ziehen. Indeß war noch mancher wichtige Punkt zu berichtigen, bevor ich mir deutliche und richtige Begriffe von der Beschaffenheit dieser Strahlen, und von der Art wie sie wirken, verschaffen konnte.

Ich hatte mich zeither bei allen meinen Experimenten nur eines einzigen Metalls (des Messings)

bedient, und dies Metall ist bekanntlich aus mehrern andern zusammengesetzt. Ich mußte daher vor allen Dingen zu erforschen suchen, ob ähnliche mit andern Metallen veranstaltete Experimente die nämlichen Resultate darstellen würden.

Vierzehntes Experiment.

Ich verschaffte mir bei einem Goldschläger Gold- und Silberblättchen, die ungefähr dreimal so stark waren wie die, deren sich die Vergolder bedienen. Ich überzog zwei große mit No. 1. und No. 2. bezeichnete cylindrische Gefäße mit einem Anstriche von Oelfirniß, und als derselbe ganz trocken war, belegte ich No. 1. mit Gold- und No. 2. mit Silberblättchen. Als nun alles vollkommen trocken und hart geworden war, wischte ich die Flächen der Gefäße mit Baumwolle ab, um die unebenen Gold- und Silbertheilchen wegzuschaffen, und wiederholte sodann die schon so oft beschriebenen Experimente, indem ich die Gefäße mit kochendem Wasser füllte, und sie in der stillen Luft eines großen Zimmers erkalten ließ.

Die Zeitdauer des Kaltwerdens von 10 zu 10 Grad, war genau dieselbe die ich wahrgenommen hatte, als die Fläche der metallenen Gefäße ohne

Umhüllung an die freie Luft gebracht wurde. Ich wiederholte dies Experiment mehrmals und bemerkte nie den mindesten Unterschied.

Fünfzehntes Experiment.

Es war mir noch nicht genug, mich von der Einerleiheit der Resultate, bloß vermittelst drei verschiedener Metalle, des Messings, des Goldes und des Silbers versichert zu haben.

Diese Erscheinung war viel zu wichtig, als daß ich unterlassen konnte, sie auf die vollständigste Weise ins Licht zu setzen. Ich ließ mir daher zwei neue Gefäße, das eine von Blei, das andere von verzinntem Eisen, (oder vielmehr Eisenblech) machen, die mit den vorigen einerlei Größe hatten. Da die Leitungskraft des Bleies, in Bezug auf die Wärme, viel stärker ist, als die der übrigen Metalle, deren ich mich zeither bedient hatte *), so zog ich

*) Wenn man nach Franklins eben so einfacher als sinnreicher Verfahrungsart, verschiedene in Stangen gegossene Metalle mit Seife oder Wachs überzieht, und sie in geschmolzenes Blei wirft, so wird man durch das Schmelzen des gedachten Ueberzugs überzeugt werden, daß das Silber eine viel stärkere Leitungskraft besitzt, als das Blei.

hieraus die Schlußfolge, daß, wenn die Strahlung eines Körpers mit seiner Leitungskraft einigen Zusammenhang hätte, das Kaltwerden des in dem bleiernen Gefäße enthaltenen Wassers, mehr oder weniger schnell von statten gehen müsse, als in einem der anderen Gefäße.

Aus diesem und mehreren anderen Experimenten von ähnlicher Art, ersah ich, daß die Wärme alle Metallflächen immer mit gleicher Leichtigkeit oder Geschwindigkeit verläßt.

Sollte diese Thatsache nicht etwa dem Umstande zuzuschreiben seyn, daß alle Metalle ohne Ausnahme in gleichem Grade dunkel sind? Und führt dies nicht auf die höchst wahrscheinliche Vermuthung, daß die Wärme in allen und jeden Fällen durch Strahlungen, oder, um mich noch richtiger auszudrücken, durch wellenförmige Bewegungen (ondulations) erregt und mitgetheilt wird?

Ich weiß mehr als zu wohl, daß sich diese Frage nicht eher mit Bestimmheit beantworten läßt, bis man eine andere nicht minder wichtige beantwortet hat, nämlich diese: ob das Kaltwerden der Körper durch solche Strahlen bewirkt wird, die aus denselben

den hervorkommen (emanent) oder durch andere, die in dieselben hineindringen (qu'ils reçoivent.)

Das berühmte und schon so oft wiederholte Experiment des Professors Pictet, scheint die Vermuthung so ziemlich außer Zweifel zu setzen, daß Strahlungen, oder Ausflüsse (emanations) existiren, die wirklich aus kalten Körpern hervorkommen, auf eben die Art wie das Licht durch Hohlspiegel konzentrirt werden können, und wenn sie auf diese Art konzentrirt sind, in einem Lufthermometer eine merkliche Veränderung bewirken.

Ein Hauptzweck, den ich bei der Erfindung meines Thermoskops beabsichtigte, war der, daß ich das Wesen und die Eigenschaften dieser Ausflüsse zu erforschen und zu entdecken wünschte, ob sie vielleicht von derselben Beschaffenheit seyen, wie die schon seit so langer Zeit bekannten warmmachenden Strahlen, welche die Körper von ihrer Oberfläche senden.

Ich suchte mich daher vor allen Dingen von der Existenz dieser Ausflüsse zu überzeugen und zu entdecken, was für sichtbare oder fühlbare Wirkungen man vermittelst derselben hervorbringen könne, ohne

sie mit Beihülfe der Hohlspiegel konzentriren zu müssen.

Sechzehntes Experiment.

Man nahm zwei cylindrische, mit schrägen Hälsen versehene Gefäße, welche durchaus rein und sauber waren, befestigte sie auf ihren Fußgestellen, stellte sie in gleicher Höhe nahe an das Thermoskop, und ließ sie, in einem geräumigen Saale, wo alles ruhig und still war, so lange stehen, bis der Apparat in allen seinen Theilen einerlei Temperatur angenommen hatte.

Man hatte dafür gesorgt, daß von außen nicht das mindeste Licht in den Saal dringen konnte, und vor dem Thermoskop standen einige der oben erwähnten Schirme, so daß die Kugeln desselben, vor jedem warmmachenden Einflusse, der von dem Beobachter herrührte, vollkommen gedeckt war.

Nun gieng ich ganz langsam in den Saal, um keinen Luftzug zu verursachen, näherte mich dem Thermoskop, und hielt erst das eine, dann auch das andere cylindrische Gefäß, an seine Kugeln. Der Zeiger blieb ruhig an seiner Stelle.

Siebzehntes Experiment.

Da ich mich nun durch dieses vorgängige Experiment überzeugt hatte, daß die Annäherung einer glänzenden Metallfläche in dem Instrumente keine merkliche Veränderung bewirkte, wenn anders diese Fläche und jene der Kugeln des Thermoskops, einerlei Temperatur hatten, so nahm ich das eine cylindrische Gefäß weg und trug es in ein anderes Zimmer, wo man es mit einer aus Wasser und zerstoßenem Eis bestehenden Mischung füllte.

Jetzt gieng ich wieder in den Saal und hielt den cylindrischen Boden des Gefäßes an die eine Kugel des Thermoskops, in einer Entfernung von vier Zoll.

In demselben Nu fieng der Zeiger an, sich langsam und gleichförmig nach der Seite hin zu bewegen, wo sich der kalte Körper befand, und nachdem er ungefähr einen Zoll weit fortgerückt war, bleib er stehen.

Ich hielt den kalten Körper noch näher gegen die Kugel. Der Zeiger setzte sich von neuem in Bewegung und näherte sich dem kalten Körper noch mehr.

Achtzehntes Experiment.

Wiewohl nun das Resultat des vorhergehenden Experiments das Strahlen kalter Körper, meiner Einsicht nach, außer Zweifel setzte, und zum Beweis diente, daß die aus denselben fließenden Strahlen die Kraft besitzen, in wärmeren Körpern, die ihrer Einwirkung ausgesetzt werden, Kälte zu erregen, so ist doch leicht zu erachten, daß ich mich nicht damit begnügte, es bei einer so merkwürdigen und für die Theorie der Wärme so wichtigen Untersuchung bei dem Resultate eines einzigen Experiments bewenden zu lassen.

Es kam darauf an, erst noch mehrere Versuche mit kalten Körpern verschiedener Art anzustellen und sich zu überzeugen, daß die Strömungen der kalten Luft, welche der in der Nähe befindliche kalte Körper vielleicht verursachte, auf die beobachtete thermoskopische Wirkung keinen Einfluß gehabt habe. Ich wiederholte daher mein Experiment nochmals und zwar mit folgenden Abänderungen.

Man gab dem Thermoskop eine solche Richtung, daß die beiden Arme der krummgebogenen Röhre, worauf die beiden Kugeln befindlich waren, anstatt gerade aufwärts zu stehen, horizontal lagen, und

anstatt daß man vorher den kalten Körper von der Seite an die eine Kugel des Thermoskops gehalten hatte, stellte man ihn und zwar in einer Entfernung von sechs Zoll, gerade unter dieselbe.

Dieser kalte Körper war kein Metall, sondern eine dichte Eisscheibe, die ungefähr drei Zoll dick war, acht Zoll im Durchmesser hatte und in einem irdenen Becken lag, welches oben etwa einen Schuh, unten aber neun Zoll im Durchmesser hatte und vier Zoll tief war. Die Eisscheibe lag unten auf dem Boden des Beckens, und über dasselbe hatte man einen Deckel von starkem Papier gemacht, in dessen Mitte ein rundes Loch war, dessen Durchmesser sechs Zoll betrug.

Als man das Becken auf die eben erwähnte Art zubereitet hatte, stellte man es unter die eine Kugel des Thermoskops und zwar in einer solchen Entfernung, daß die Oberfläche der Eisscheibe mit ihrem Mittelpunkte sechs Zoll tief unter der Kugel stand.

Was man voraussehen konnte, geschah. Kaum hatte man die Eisscheibe an den gehörigen Ort gestellt, als der Zeiger sogleich anfieng sich zu bewegen, und gegen die in der Nähe befindliche Kugel fortzu-

rücken. Als er seine Stelle ungefähr einen Zoll breit verändert hatte, blieb er stehen.

Neunzehntes Experiment.

Um zu entdecken, ob aus einer kalten Flüssigkeit kaltmachende Strahlen fließen würden, bediente ich mich anstatt der Eisscheibe einer gleich starken Quantität Wasser, das dieselbe Temperatur hatte, wie Eis, welches zu schmelzen beginnt. Das Resultat war offenbar dasselbe, wie in dem vorhergehenden Experimente, und der Zeiger blieb auf demselben Punkte stehen. Als ich eine Zeitlang hierüber nachgedacht hatte, fand ich, daß dieses Experiment noch bündiger als das vorige, oder vielmehr mit demselben von gleicher Beschaffenheit war; denn, da das Queckſilber, welches die Temperatur der äußeren Luft anzeigte, während des mit dem Eise vorgenommenen Experiments, einige Grad über dem Gefrierpunkte stand, so ergiebt sich hieraus ganz offenbar, daß die Eisscheibe, so lange das Experiment dauerte, mit einer dünnen und unsichtbaren Wasserschicht bedeckt seyn mußte.

Da ich nun, vermittelst der aus diesen Experimenten entspringenden Resultate auf die Vermuthung geleitet wurde, daß die kalten Körper jederzeit kalt-

machende Strahlen von sich geben, die den warmmachenden Strahlen, welche die warmen Körper von sich werfen, vollkommen ähnlich sind, so war ich äußerst begierig zu untersuchen, ob alle kalte Körper ohne Ausnahme unter einerlei Temperatur einerlei Quantität Strahlen von sich geben, oder ob vielmehr, wie ich solches bereits in Betreff der warmen Körper beobachtet hatte, in der Kraft wodurch diese Aussendung bewirkt wurde, zwischen den von einander verschiedenen Körpern ein Unterschied statt finde. Dieser wichtige Punkt sollte durch folgendes Experiment entschieden werden.

Zwanzigstes Experiment.

Ich hatte wahrgenommen, daß eine vom Rauch schwarz angelaufene und bis zu einer gewissen Temperatur warm gemachte Metallfläche, weit mehr warmmachende Strahlen von sich gab, als wenn diese nämliche Metallfläche entblößt war. Es war daher meiner Wißbegier überaus viel daran gelegen, in Erfahrung zu bringen, ob vielleicht dieselbe Verfahrungsart, wenn sie auf die Fläche eines kalten Metalls angewendet würde, die Aussendung der kaltmachenden Strahlen vermehre oder nicht vermehre.

Zu dem Ende ließ ich den Boden eines meiner beiden cylindrischen Gefäße, das einen schrägen Hals hatte, schwarz anlaufen, und füllte dieses Gefäß mit einer aus Küchensalz und Eis bestehenden Mischung. Mit eben dieser Mischung füllte ich auch das andere jenem ähnliche Gefäß, jedoch ohne dasselbe schwarz anlaufen zu lassen, und brachte nunmehr beide zu gleicher Zeit und in gleicher Entfernung an die beiden Kugeln des Thermoskops.

So bald dies geschah, setzte sich der Zeiger sogleich in Bewegung, und rückte langsam gegen die dem schwarz angelaufenen Gefäße entsprechende Kugel fort. Dies zeigte an, daß dieser nämlichen Kugel durch die kaltmachenden Strahlen, die aus dieser Oberfläche hervorkamen, weit mehr Kälte mitgetheilt wurde, als der anderen durch die Strahlen, welche aus der reinen polirten Metallfläche des andern Gefäßes hervorkamen, das doch mit jenem einerlei Temperatur hatte, beigebracht waren.

Dieses Experiment wurde seiner Wichtigkeit wegen zum öftern wiederholt, und immer mit demselben Erfolge. Der Zeiger des Instruments deutete jedesmal an, daß die kaltmachenden Strahlen, die aus der schwarz angelaufenen Fläche hervorkamen,

in Hervorbringung der Kälte weit mehr Wirksamkeit äußerten als jene, welche das bloße Metall von sich warf.

Das Fortrücken des Zeigers während dieser Experimente war zwar bei weitem nicht so merklich, wie bei der Annäherung warmer Körper; dies ließ sich aber unter diesen Verhältnissen auch gar nicht erwarten: denn ob ich gleich vermittelst der mehrerwähnten kaltmachenden Mischung, den größtmöglichsten Grad von Kälte hervorzubringen suchte, so war doch die Verschiedenheit zwischen der Temperatur der Kugeln und der Temperatur der in die Nähe dieser Kugeln gebrachten Körper allemal viel größer, wenn man von warmen Körpern Gebrauch machte, als in Betreff kalter Körper, und es versteht sich von selbst, daß man die Kugeln nicht stärker reizen durfte als es diese Verschiedenheit gestattete.

Während der Experimente die mit den Gefäßen vorgenommen wurden, die mit Wasser angefüllt waren, dessen Wärme 180 Grad Fahrenheit betrug, machte jene Verschiedenheit, da die Zimmerluft und folglich auch die Temperatur der Kugeln des Thermoskops nur etwa bis auf 10 Grad erwärmt war, nicht weniger als 120 Grad Fahrenheit aus.

Während der Experimente mit den kalten Gefäßen, betrug die anfängliche Verschiedenheit nicht über 40 höchstens fünfzig Grad; und nach einer kleinen Anzahl Sekunden, muß sich dieselbe bis auf 30 Grad vermindert haben, weil sich das Wasser, welches sich aus der Luft auf der Oberfläche der Gefäße, worin die kaltmachende Mischung enthalten war, präcipitirte, sogleich in Eis verwandelte.

Diese Präcipitation war so reichhaltig, daß die polirte Metallfläche in kurzer Zeit Flecken bekam, und gleich nachher ziemlich dick mit Reif überzogen wurde. Diese Zufälligkeiten welche man nicht verhindern konnte, hatten auf die Resultate dieses Experiments, wie der Augenschein zeigte, viel Einfluß.

Der Zeiger, statt daß derselbe, nachdem er das Maximum seiner Entfernung erreicht hatte, ruhig stehen geblieben wäre, wie solches während der mit den warmen Körpern angestellten Experimenten geschehen war, hatte kaum diese Stelle erreicht, als er wieder nach seinem vorigen Standpunkte zurückkehrte, und so oft ich die Reifschicht von der runden Oberfläche des an dem nicht schwarz angelaufenen Gefäße befindlichen Bodens abwischte, fieng der Zeiger allemal an, sich nach dem andern Gefäße zu in Be-

wegung zu setzen, welches, im Vorbeigehen gesagt, zum Beweise dient, daß das Eis eine viel größere Quantität kaltmachender Strahlen von sich giebt, als eine glänzende Metallfläche von gleicher Temperatur.

Ich hatte schon mehrmals bemerkt, daß, wenn ich der einen Kugel des Thermoskops mit der Hand nahe kam, die aus derselben hervorkommenden warmmachenden Strahlen nie viel stärker auf das Instrument wirkten, als solches geschehen seyn würde, wenn man einen andern ungleich wärmern Körper von gleicher Oberfläche, und in derselben Entfernung, derselben genähert hätte. Ich war äußerst begierig zu untersuchen, ob nicht vielleicht die animalischen Substanzen eine viel größere Menge warmmachender (und folglich auch kaltmachender) Strahlen von sich gäben als andere Substanzen, und ob nicht vielleicht ein lebendiges Thier in dieser Hinsicht mehr zu bewirken vermöge, als ein todtes Thier, wenn auch in Ansehung ihrer beiderseitigen Temperatur kein Unterschied Statt fände.

Mein erstes in Betreff dieses Gegenstandes veranstaltete Experiment, war so einfach, daß mich das

Resultat desselben äußerst überraschte und die Stelle eines vollständigen Beweises vertrat.

Ein und zwanzigstes Experiment.

Ich nahm ein Stück Leder, dergleichen die Goldschläger gebrauchen, und das bekanntlich aus einer sehr dünnen Membran besteht, womit die gröbern Därme des Hornviehes von Innen überzogen sind. Dieses Stück Leder feuchtete ich mit Wasser an und klebte es an den runden Boden eines meiner cylindrischen horizontalen Gefäße, wo es, als es völlig trocken geworden war, fest anschloß. Jetzt füllte ich sowohl dieses, als auch das andere mit keiner Bekleidung versehene Gefäß mit Wasser, das bis auf 180 Grad heiß war, und brachte nun beide Gefäße zu gleicher Zeit und in gleich weiter Entfernung an die beiden Kugeln des Thermoskops.

Der Zeiger wurde sogleich durch die stärkere Wirkung des mit Leder bedeckten Gefäßes, eine beträchtliche Strecke weit fortgetrieben, und kehrte nicht eher auf seinen vorigen Standpunkt zurück, bis ich dieses Gefäß fünfmal so weit von der Kugel entfernt hatte als das andere Gefäß.

Ich schloß daher aus dem Resultate dieses inter-

essanten Experiments, daß eine animalische Substanz fünf und zwanzigmal so viel warmmachende Strahlen von sich giebt, als eine polirte Metallfläche von eben der Größe und gleicher Temperatur. *)

*) Bei diesem sowohl, als bei allen andern in diesem Memoire beschriebenen Experimenten, waren die Kugeln des Thermoskops schwarz; denn ich hatte sie mit Tusche bestrichen, weil ich glaubte, daß dadurch das Instrument desto reizbarer würde. Andere Experimente, die ich späterhin anstellte, haben mich aber überzeugt, daß ich sehr übel that, als ich die gedachten Kugeln schwarz färbte; und daß das Instrument das Maximum seiner Reizbarkeit erreicht hat, wenn man seine (gläsernen) Kugeln immer rein und sauber hält, und sie weder schwarz anstreicht, noch mit irgend einem andern Ueberzuge bekleidet.

Ferner habe ich (was sich eben so leicht hätte vorhersehen lassen) die Bemerkung gemacht, daß die Verschiedenheit zwischen den Intensitäten der Strahlungen zweier Körper, wenn solche vermittelst des Thermoskops bestimmt werden, allemal größer zu seyn scheinen, wenn das Thermoskop weniger reizbar ist. Vermittelst eines sehr empfindlichen Thermoskops nahm ich wahr, daß bei einerlei Temperatur die Intensität der Strahlung einer über einem brennenden Wachsstock schwarz angelaufenen Metallfläche, sich zu

Zwei und zwanzigstes Experiment.

Als ich die beiden Gefäße, deren ich mich zu dem vorhergehenden Experimente bediente, wieder ausgeleert und sie mit zerstoßenem Eis und Wasser gefüllt hatte, brachte ich sie von neuem an das Thermoskop, und zwar in gleich weiter Entfernung von den daran befindlichen Kugeln.

Das Resultat dieses Experiments diente mir zur Bestätigung der Schlußfolge, die ich aus jenem des zwölften Experiments gezogen hatte. Die Bewegung des Zeigers nach der Seite, wo das mit Leder versehene Gefäß stand, zeigte deutlich genug, daß die Strahlen welche von dieser animalischen Substanz herrührten, zu Hervorbringung der Kälte weit wirksamer waren als jene, die aus der unbekleideten Metallfläche hervorkamen.

der Intensität ihrer Strahlung, als man diese nämliche Fläche gereinigt und polirt hatte, wie 4 zu 1 verhielt. Nach einem weniger reizbaren Thermoskop hingegen, dessen Kugeln man mit Tusche bestrichen hatte, schienen sich diese nämlichen Intensitäten wie 16 zu 1 zu verhalten. Uebrigens glaube ich aus guten Gründen daß sie sich wirklich wie 2 zu 1 verhalten, das heißt, wie die Zeiten des durch die vorigen Experimente bestimmten Kaltwerdens.

Da mir nun das Strahlen kalter Körper zufolge der vorhergehenden Experimente hinlänglich dargethan schien, so nahm ich mir nunmehr vor, die Entdeckung zu machen, ob die Intensität der Wirkung kaltmachender Strahlen die aus kalten Körpern entstehen, oder welches eben so viel sagen will, ob ihre Kraft (bei gleichen Verschiedenheiten in den Temperaturen) auf die Temperaturen anderer und zwar warmer Körper zu wirken, der Intensität der Wirkung warmmachender Strahlen, die aus warmen Körpern entstehen, gleich sey oder nicht. Um dieses Problem aufzulösen, stellte ich das folgende eben so einfache als entscheidende Experiment an.

Drei und zwanzigstes Experiment.

Ich stellte das Thermoskop mitten in einem grossen ruhigen Saale, dessen Temperatur 72 Grad Fahrenheit gleich war, auf einen Tisch, und näherte sodann einer seiner Kugeln bis auf drei Zoll den runden Boden des einen (A) der beiden cylindrischen Gefäße mit dem schrägen Halse, nachdem ich es zuförderst mit Eis und Wasser gefüllt hatte. Mein Gehülfe brachte zu gleicher Zeit auf der entgegengesetzten Seite des Thermoskops, und in dem nämlichen Abstande (von drei Zoll) den Boden des andern, genau

so wie das erstere beschaffenen Gefäßes (B) an, welches mit warmem Wasser in der Temperatur von 120 Grad Fahrenheit angefüllt war. Die gegenüber befindliche Kugel des Thermoskops war durch schicklich angebrachte Schirme, sowohl gegen die Einwirkung der unweit der andern Kugel befindlichen Körper, als auch gegen jeden Einfluß geschützt, welcher von Seiten der bei dem Experimente gegenwärtigen Personen entstehen konnte.

Man wird aus dieser Beschreibung ersehen, daß zu eben der Zeit, in welcher man die eine Kugel vor den Strahlungen der um sie herum befindlichen Körper schützte, die andere Kugel der gleichzeitigen Wirkung zweier Körper bloßgestellt war, die einerlei Größe hatten, gleichweit von derselben entfernt waren, und einander in allen Stücken vollkommen glichen, bis auf den Umstand daß der eine mit 32 Grad Fahrenheit, um 40 Grad kälter, der andere mit 102 Grad, um 40 Grad wärmer war, als die so eben erwähnte Kugel.

Ich konnte mir zufolge des Resultats der vorhergehenden Experimente leicht vorstellen, daß diese Kugel zu gleicher Zeit von den warmmachenden Strahlen welche die warmen Körper von sich geben,

erwärmt werden würde, während welcher sie durch die Einwirkung der kaltmachenden Strahlen des kalten Körpers wieder erkaltete. Ich schloß hieraus daß, wenn ihre Temperatur unter dem Einflusse dieser beiden einander entgegengesetzten Wirkungen immer festen Stand hielte, diese Thatsache zu einem entscheidenden Beweise dienen würde, daß in der Intensität dieser beiden Wirkungen eine vollkommene Gleichheit Statt finde.

Der Zeiger, welcher vermittelst seiner Bewegung von einer Seite zur anderen, unfehlbar die unbedeutendste Verschiedenheit in den Intensitäten der einander entgegenstehenden Einflüsse, welche auf die Kugel wirkten, bemerkbar gemacht haben würde, blieb ruhig an seiner Stelle.

Als ich den kalten Körper (der warme Körper blieb mittlerweile in seiner anfänglichen Entfernung, von drei Zoll unangerührt stehen) nur einen Viertelzoll weit entfernte, rückte der Zeiger sogleich gegen die gegenüber befindliche Kugel des Thermoskops. Dies deutete eine Stöhrung des Gleichgewichts an, die von der stärkeren Wirkung des warmen Körpers herrührte, welcher noch immer auf seinem vorigen Platze stand. Wenn man den warmen Körper von

der Kugel entfernt hätte, so würde der Zeiger eine Stöhrung des Gleichgewichts in der entgegen gesetzten Richtung angedeutet haben.

Man konnte die Geschwindigkeit, in welcher die Kugel des Thermoskops warm oder kalt wurde, nach der größeren oder minderen Geschwindigkeit beurtheilen, mit welcher sich der Zeiger in der einen oder der anderen Richtung bewegte. Indeß konnte ich, ungeachtet der angestrengtesten Aufmerksamkeit, nicht den mindesten Unterschied in der Geschwindigkeit dieser Bewegung wahrnehmen, wenn nur die Entfernungen der Gefäße verhältnißmäßig immer dieselben blieben.

Aus diesen Experimenten, welche ich erst unlängst zu Genf, in Gegenwart des Professors Pictet, der Herren Theodor Desaussure, Senebier und mehrerer anderen Personen, von neuem wiederholte, können wir unbedenklich die Schlußfolge ziehen, daß, bei gleichen Verschiedenheiten der Temperatur, die Strahlen welche die Wärme erzeugen, eben so gewiß existiren und eben so wirksam sind, wie jene wodurch die Wärme hervorgebracht wird.

Auf den ersten Blick könnte es zwar befremden,

daß eine so wichtige Thatsache, wie die kaltmachende Strahlung der kalten Körper ist, so viele Jahrhunderte hindurch ganz unbekannt blieb, da doch die warmmachende Strahlung der warmen Körper so allgemein bekannt ist. Wenn wir aber nur ein klein wenig hierüber nachdenken, so wird unsere Verwunderung aufhören; denn die Strahlungen, wodurch die Temperaturen der um uns her befindlichen Körper nach und nach verändert und gleich gemacht werden, sind unseren Sinnen nicht bemerkbar, es müßte denn seyn, daß die Verschiedenheiten der Temperaturen sehr auffallend wären. Auch ist die Einrichtung der Dinge von solcher Beschaffenheit, daß wir zwar oft den warmmachenden Einfluß solcher Körper empfinden, die mehrere tausend Grade (nach dem Thermometer gemessen) wärmer sind, als die mittlere Temperatur unserer Haut; da wir hingegen nur selten in den Fall kommen, die Wirkungen der Strahlung solcher Körper aus eigener Erfahrung kennen zu lernen, welche unsere eigene Temperatur an Kälte weit übertreffen. Auch ist uns kein Mittel bekannt, solche Grade von Kälte hervorzubringen, die nur auf entfernteste Art mit der intensiven Wärme zu vergleichen sind, welche vermittelst des Feuers bewirkt werden kann.

Aus dem Resultate des so eben ausführlich von mir beschriebenen Experiments, geht deutlich hervor, daß die kaltmachenden Strahlen einer Kanonenkugel (oder jedes anderen massiven Körpers) deren Temperatur dem schmelzenden Eise gleich käme, eben nicht stärker auf uns wirken würden, als die warmmachenden Strahlen einer ähnlichen Kugel, deren Temperatur 58 Grade des Reaumurschen Thermometers betrüge, welches nur 28 Grade mehr ausmacht, als die Temperatur unserer Haut; und daß hiernächst eine Kugel von derselben Temperatur, in welcher das Queckſilber gefriert, vermittelst ihrer kaltmachenden Strahlen eben nicht stärker auf uns wirken würde, als solches eine Kugel von der Temperatur des kochenden Wassers, in derselben Entfernung wie jene, vermittelst ihrer warmmachenden Strahlen bewerkstelligen könnte. Die Strahlungen der Körper sind aber auch, in den verhältnißmäßig so kleinen Intervallen der Temperatur, kaum bemerkbar und man hätte sie gewiß nie wahrnehmen, noch weniger aber schätzen und mit einander vergleichen können, wenn man nicht Instrumente, welche viel zarter als unsere Werkzeuge des Gefühls sind, zu Hülfe genommen hätte.

Aus diesen Betrachtungen erhellet, warum die

kaltmachenden Strahlungen kalter Körper so lange Zeit unbekannt blieben. Baco vermuthete ihr Daseyn; aber das erste Experiment, wodurch man dasselbe ganz außer Zweifel setzte, wurde zu Ende des siebzehnten Jahrhunderts in Florenz veranstaltet.

Aeußerst merkwürdig ist es, daß die gelehrten Akademisten, welche dieses Experiment anstellten, und es ausdrücklich in der Absicht anstellten, die Thatsache, wovon hier die Rede ist, ganz außer Zweifel zu setzen, sich dergestalt von ihren Vorurtheilen in Betreff des Wesens der Wärme verblenden ließen, daß sie nicht einmal ihren eigenen Augen trauten. Fest überzeugt, daß die Reflexion und Concentration der Kälte (welche sie für eine negative Eigenschaft hielten) unter die unmöglichen Dinge gehöre, machten sie den Schluß, daß die beobachtete Thatsache von einem während des Experiments vorgefallenem Irrthume herrühre.

Zum Glück für die Erweiterung der Wissenschaften, wurde diese Untersuchung vor etwa zwanzig Jahren vom Professor Pictet aufs neue vorgenommen, und jene interessante Thatsache, welche die Akademisten zu Florenz nicht hatten entdekken wollen, ganz außer Zweifel gesetzt. Aber

auch dieser so aufgeklärte und scharfsinnige Naturforscher hielt die Erscheinungen einer Reflexion und Concentration der Kälte, die ihm seine Experimente vor Augen stellten, nicht für reell, und er fand sich dadurch ganz und gar nicht veranlaßt, die Existenz kaltmachender Ausflüsse anzunehmen, die von kalten Körpern herrühren, den warmmachenden Ausflüssen, die von warmen Körpern herrühren und die er selbst die strahlende Wärme zu nennen pflegt, vollkommen gleich sind. Ueberall spricht er von der Reflexion der Kälte, (die durch Hohlspiegel bewirkt wird) wie von einer bloß scheinbaren Wirkung, und bloß auf diese Voraussetzung gründet sich die Erklärung, welche wir ihm in Betreff des oberwähnten Phänomens zu danken haben.

Wenn man annehmen wollte, daß der Wärmestoff (calorique) der neuern Chemiker wirklich existire, und daß die Erhöhung der Temperatur eines Körpers bloß dadurch verursacht werde, daß diese Substanz in dem gedachten Körper sich anhäuft, so würde die Reflexion der Kälte nicht nur unmöglich seyn, sondern man würde sich sogar durch dieses Vorgeben lächerlich machen; und wenn auch übrigens der Anschein noch so frappant, noch so einleuchtend wäre, so würde man doch nie im Stande seyn,

die Wirklichkeit der Sache außer Zweifel zu setzen. — Doch ich kehre nun wieder zu meinen Experimenten zurück.

Da ich fand, daß die Intensität der warmmachenden Strahlen, die ein warmer Körper von sich giebt, großentheils von der Beschaffenheit der Oberfläche dieses nämlichen Körpers abhängt; daß, zum Beispiel, eine polirte Metallfläche ungleich weniger Strahlen von sich giebt, als diese nämliche Fläche, wenn ich sie hätte über einem brennenden Wachsstock schwarz anlaufen lassen, unter derselben Temperatur darbieten würde; so wünschte ich zu erforschen, ob nicht die kaltmachenden Strahlen, die aus kalten Körpern ausfließen, auf eben diese Weise, durch dieselben Mittel, und dem nämlichen Grade afficirt werden. Zu dem Ende veranstaltete ich das Experiment Nro. 20, dessen Resultat mir zwar manche Veranlassung gab, die Schlußfolge zu ziehen, daß dieselben Substanzen, die, wenn sie warm sind, die meisten warmmachenden Strahlen von sich werfen, eben auch die meisten kaltmachenden Strahlen von sich geben, wenn sie wieder kalt werden. Da jedoch die verhältnißmäßigen Quantitäten dieser Strahlen vermittelst dieses Experiments nicht so ganz genau bestimmt werden können, um diese interessante Sache

völlig

völlig ins Licht zu setzen, so nahm ich den äußerst einfachen Apparat zu Hülfe, welchen ich sogleich beschreiben werde.

Vier und zwanzigstes Experiment.

Der Erfolg des vorhergehenden Experiments (Nro. 23.) hatte mich wahrnehmen lassen, daß die warmmachenden Ausflüsse einer runden Scheibe, von polirtem Messing, welche drei Zoll im Durchmesser hatte, in der Temperatur von 102 Grad Fahrenheit, durch die kaltmachenden Ausflüsse einer gleich großen Scheibe von demselben Metall, in der Temperatur von 30 Grad Fahrenheit, völlig ins Gleichgewicht gebracht wurden, als man diese Scheibe der ersteren gegenüber hielt; oder, daß die Kugel des Thermoskops durch die eine eben so sehr erkältet, als durch die andere erwärmt wurde. Ich ließ daher beide Scheiben über einem brennenden Wachsstock schwarz anlaufen, und wiederholte das Experiment.

Ich wußte nach Maaßgabe der vorigen Resultate, daß die Intensität der warmmachenden Strahlen die aus der wärmern Scheibe kommen, durch die neue Modifikation der Oberfläche stark vermehrt werden würde, und ich sah mit Gewißheit vorher, daß, wenn die Intensität der kaltmachenden Strahlen der

kalten Scheibe nicht ganz genau in demsel-ben Grade verstärkt würde, dennoch die Kugel des Thermoskops, welche der gleichzeitigen Wirkung beider Scheiben ausgesetzt war, unmöglich ihre Temperatur (zu 72 Grad) auf eine permanente Art beibehalten könne.

Das Experiment ließ nicht den mindesten Zweifel übrig; der Zeiger des Thermoskops wich nicht von der Stelle, und dieser Umstand bewies deutlich genug, daß die Intensitäten der Strahlungen welche die beiden Scheiben abschickten, einander noch immer gleich waren.

Wir können hieraus den Schluß machen daß dieselben Umstände, welche dem reichhaltigen Ausfluß warmmachender Strahlungen auf der Oberfläche warmer Körper zu statten kommen, auf gleiche Weise das kaltmachende Strahlen kalter Körper erleichtern.

Doch es ist Zeit diese Ausflüsse aus einem ganz neuen Gesichtspunkte zu betrachten. Welche Verschiedenheit mag wohl zwischen den warmmachenden Strahlen und den kaltmachenden Strahlen statt finden? Sind nicht die nämlichen Strahlen bald warmmachende bald kaltmachende Strahlen, je nachdem

der Körper, dessen Oberfläche sie berühren, mehr oder weniger kalt ist, als derjenige von welchem sie herkommen?

Man denke sich drei einander vollkommen gleiche Körper A. B. und C., (zum Beispiel die Kugeln an drei mit Queckſilber gefüllten Thermometern), die in gleichweiten Entfernungen (von drei Zoll) in einer und derselben horizontalen Linie von einander abstehen. A. bezeichne die Temperatur schmelzenden Eises; B. die von 72 Grad Fahrenheit, und C. die von 102 Grad Fahrenheit. Die Strahlen welche von dem Körper B. herrühren, werden in Bezug auf A. warmmachende und in Bezug auf C. kaltmachende Strahlen seyn; auch läßt sich, nach Maaßgabe der vorhergehenden Experimente für bekannt annehmen, daß sich dieselben eben so wirksam erzeigen werden, den Körper A. zu erwärmen als den Körper C. zu kälten.

Wenn irgend eine Art von Ueberzug, womit die Fläche der Kugel des Thermometers B. bekleidet ist, das Strahlen derselben vermehrt, so hat man alle Ursache zu vermuthen, daß ihre kaltmachende Wirkung auf das Thermometer C. in eben dem Grade verstärkt worden sey wie ihre, warmmachende Wirkung auf das Thermometer A.

Bevor ich der Experimente erwähne, die in der Absicht veranstaltet wurden, die verhältnißmäßigen Quantitäten der Strahlen zu bestimmen, die unter gleichen Temperaturen von den Oberflächen verschiedener Substanzen, zum Beispiel von den Fellen lebendiger Thiere, von leblosem animalischem Stoffe u. s. w. ausgesandt werden, (und wovon ich die umständliche Auseinandersetzung für ein anderes Memoire verspare), will ich zuförderst von den Resultaten einiger Experimente Rechenschaft geben, die ich in der Absicht anstellte, meine Untersuchungen in Betreff der Strahlungen warmer und kalter Körper noch weiter auszudehnen.

Fünf und zwanzigstes Experiment.

Die beiden Experimente No. 20. und No. 21. hatten mir gezeigt, daß die animalische Substanz, deren ich mich zu diesen zwei Versuchen bediente, (nämlich ein Stück Goldschlägerhäutchen) überaus viele Strahlungen von sich gab. Ich deckte das eine meiner großen von Messing verfertigten cylindrischen Gefäße ganz mit der gedachten Substanz zu, füllte es mit kochendem Wasser, und ließ es sodann in einem großen Zimmer, wo die Luft ganz ruhig und still war, auf die schon mehrmals beschriebene Art kalt werden. Ein anderes Gefäß das jenem

ganz ähnlich, nur mit keiner Umhüllung versehen war, wurde ebenfalls mit kochendem Wasser gefüllt, und zur nämlichen Zeit in dasselbe Zimmer gestellt um daselbst zu erkalten.

Die Temperatur des Zimmers verhielt sich wie $51\frac{1}{2}$ Grad. Die beiden Apparate bedurften zum Kaltwerden einerlei Intervall von 10 Grad; nämlich von $101\frac{1}{2}°$ bis zu $91\frac{1}{2}°$ und zwar in folgenden Zeiträumen.

No. 4.	bekleidet mit Goldschlägerhäutchen erkaltete in	$27\frac{3}{4}$ Minuten.
No. 3.	ohne Bekleidung	45 —

Sechs und zwanzigstes Experiment.

Ich begehrte zu wissen, ob die animalische Umhüllung, welche das Kaltwerden des Apparats No. 4. so außerordentlich beschleunigt hatte, vermittelst seines Einflusses das Warmwerden desselben in eben dem Verhältnisse befördern würde. Ich ließ daher die Apparate die Nacht hindurch in dem kalten Zimmer beisammen stehen. Als ich des andern Morgens um halb 8 Uhr wieder hineintrat, fand ich, daß sich die Temperatur des Wassers in dem unbekleideten

Apparate (No. 3.) wie $50\frac{1}{8}°$, und in dem mit Goldschlägerhäutchen bekleideten Apparate wie $49\frac{1}{4}$ verhielt. Die Zimmerluft verhielt sich wie 48°.

Um halb acht Uhr schaffte ich die beiden Apparate in ein geheiztes Zimmer, und beobachtete die Zeiten ihres respektiven Warmwerdens, so wie man sie in folgender Tafel verzeichnet findet.

Zeit der Beobachtungen.	Beobachtete Temperatur. No. 3. unbekleidet.	No. 4. bekleidet.	Temperatur des Zimmers.
7 Uhr 30′	$50\frac{1}{8}°$	$49\frac{1}{4}°$	64°
7 — 45	$51\frac{1}{2}$	$51\frac{1}{2}$	$64\frac{1}{2}$
8 — —	$52\frac{1}{2}$	$53\frac{1}{8}$	65
8 — 15	$53\frac{3}{4}$	$54\frac{7}{8}$	—
8 — 30	$54\frac{3}{8}$	56	—
8 — 54	$55\frac{1}{2}$	$57\frac{1}{8}$	—
9 — —	$56\frac{1}{4}$	$58\frac{1}{2}$	—
9 — 30	$57\frac{1}{2}$	60	—
10 — —	$58\frac{1}{4}$	$61\frac{1}{4}$	—
10 — 30	$59\frac{1}{2}$	$62\frac{1}{8}$	—
11 — —	$60\frac{1}{2}$	63	—
11 — 30	61	$53\frac{1}{2}$	$64\frac{1}{2}$

Die Resultate dieses und mehrerer ähnlichen Experimente, zeigten wie mich dünkt, auf die bün-

digste Art, daß die Substanzen, welche die Wärme am schnellsten verlieren, zugleich diejenigen sind, welche dieselbe am geschwindesten wieder annehmen.

Wenn wir voraussetzen dürfen, daß die Temperaturen der Körper nicht durch die Strahlen welche sie von sich geben, sondern vielmehr durch jene, welche sie von den in der Nähe befindlichen Körpern empfangen, verändert werden, so läßt sich diese Sache freilich sehr leicht erklären. Allein es ist wider meine Absicht mich zu Erläuterung dieser Phänomen mit Hypothesen zu beschäftigen. Ich will daher fortfahren von den Experimenten Rechenschaft abzulegen, die ich in der Absicht anstellte, über diesen so interessanten und noch zur Zeit in tiefem Dunkel verborgenen Gegenstand Licht zu verbreiten.

Da das Kaltwerden eines warmen Körpers in freier Luft so außerordentlich stark beschleunigt wird, wenn man die Oberfläche desselben mit einer Umhüllung bedeckt, die entweder eine Menge warmmachender Strahlen von sich giebt, oder von den kaltmachenden Strahlen kälterer Körper von welchen er umgeben ist, stark afficirt wird, so kömmt es mir sehr wahrscheinlich vor, daß ein verhältnißmäßig kleiner Theil der Wärme, die ein auf die eben erwähnte

Art kalt gewordener Körper verliert, sich mit der Luft vereint, und daß hingegen ein verhältnißmäßig weit größerer Theil dieser nämlichen Wärme durch diese transparente Flüssigkeit als warmmachende Strahlen hindurchdringt, ohne sie jedoch zu erwärmen.

Wenn diese Voraussetzung gegründet wäre, so würde uns die Kenntniß dieser Sache in Stand setzen, unter andern merkwürdigen Naturerscheinungen auch die so ganz ungewöhnliche zu erklären, wie es zugeht, daß alle lebendige und athemholende Thiere immer einerlei Temperatur beibehalten, ungeachtet der großen Quantitäten von Wärme die unaufhörlich in ihren Lungen erzeugt wird, und ungeachtet der merklichen Veränderungen die in der Temperatur der Luft vorgehen in welcher sie leben.

Je größer die Kraft ist, vermöge welcher ein luftathmendes Thier die Wärme von der Oberfläche seines Körpers fortschicken und auslassen kann, ohne daß hierbei jene Wärme, die ihm ohnehin von der umgebenden Luft entzogen wird, mit in Betracht kömmt, desto weniger wird seine Temperatur von den Veränderungen die in der Temperatur der Atmosphäre vorgehen, afficirt werden, und desto weniger

wird es zu fürchten haben, daß es unter der ungeheuern Hitze der heißen Himmelsstriche erliegen müsse.

Es ist bekannt daß die Neger, wie überhaupt alle farbige Menschen ohne Unterschied, die unter dem heißesten Himmelsstriche herrschende Wärme weit besser ertragen können als die Weißen. Ist es daher nicht wahrscheinlich, daß sie vermöge ihrer Farbe die Eigenschaft besitzen, warmmachende Strahlen außerordentlich leicht und in großer Menge von sich zu geben, und daß sie diesem Umstande hauptsächlich den Vorzug verdanken, welchen sie in dieser Hinsicht vor den Weißen haben?

Und wenn es nun, (was ich bloß für wahrscheinlich halte), wirklich wahr wäre, daß die Körper nicht sowohl durch die Strahlen welche von ihnen ausgehen, als vielmehr durch jene, die ihnen von andern sie umgebenden kalten Körpern mitgetheilt werden, erkalten: so ist doch bereits dargethan, daß diejenigen Körper, welche viel warmmachende Strahlen abschicken, gerade diejenigen sind, welche von den kaltmachenden Strahlen kalter Körper am stärksten afficirt werden; folglich erhellet hieraus, daß in einem sehr warmen Klima, wo die Luft und alle ringsumher befindliche Körper

beinahe dieselbe Temperatur haben, wie die menschliche Haut, daß, sage ich, alle Individuen, die vermöge ihrer Farbe dazu geeignet sind, bei der geringsten Veranlassung kalt zu werden, in heißen Ländern am wenigsten zu besorgen haben, daß sie die Anhäufung der Hitze darnieder drücken werde, die in ihrem Innern durch die Wirkung der durch das Athemholen in Bewegung gesetzten Lungen hervorgebracht wird.

Folgende Experimente zweckten darauf ab, über diesen wichtigen Punkt Licht zu verbreiten.

Sieben und zwanzigstes Experiment.

Ich bekleidete den Boden eines jeden meiner cylindrischen mit schrägen Röhren versehenen Gefäße mit einem Stück Goldschlägerhäutchen, strich sodann diese animalischen Umhüllungen mit Tusche schwarz an, und als ich die beiden Gefäße mit kochendem Wasser gefüllt hatte, brachte ich sie in gleich weiten Entfernungen in die Nähe der beiden Kugeln des Thermoskops.

In demselben Nu wurde der Zeiger durch die stärkere Einwirkung der Strahlen, die aus der

Oberfläche des schwarz angestrichenen Häutchens hervorkamen, von seiner Stelle vertrieben.

Ich wiederholte dieses Experiment in verschiedenen Temperaturen, und nahm allemal wahr, daß der warmmachende Einfluß der schwarzen Oberfläche, den Einfluß der anderen Fläche welche nicht schwarz war, überwog.

Wiewohl ich nun dafür hielt, daß die Sache von welcher die Rede hier ist, vermittelst dieses Experiments genugsam erwiesen sey, so war ich denn doch der Meinung, daß es bei einer so äußerst wichtigen Untersuchung nothwendig sey, mit meinen Experimenten einige Veränderungen vorzunehmen, um zu noch überzeugendern Resultaten zu gelangen.

Acht und zwanzigstes Experiment.

Nachdem ich meine zwei großen Gefäße No. 3. und No. 4. mit Goldschlägerhäutchen überdeckt hatte, färbte ich das eine derselben mit Tusche schwarz, füllte hierauf das eine wie das andere mit kochendem Wasser, und ließ sie, unter Beobachtung der bereits zum öftern erwähnten Vorsichtsregeln, kalt werden.

Das schwarz bemalte Gefäß No. 4. vollendete

sein Kaltwerden in dem gewöhnlichen Intervall von 10 Grad, in Zeit von $23\frac{1}{2}$ Minute, da hingegen das mit No. 3. bezeichnete, welches nicht schwarz angestrichen war, hiezu 28 Minuten bedurfte.

Diese Resultate bedürfen keiner weiteren Erläuterung, und ich stelle es lediglich den Naturforschern und Physiologen anheim, zu bestimmen, welche Vortheile man aus der Kenntniß dieser Thatsachen ziehen kann, um nach Anleitung derselben solche Maaßregeln zu ergreifen, die darauf abzwecken, die Europäer, welche Berufswegen unter einem heißen Himmelsstriche leben müssen, bei guter Gesundheit zu erhalten. Ich für meine Person sage weiter nichts, als daß ich, wenn dies mit mir der Fall wäre, meine Haut zuverlässig schwarz färben, oder doch wenigstens, wenn ich mich im Schatten befände, besonders des Nachts, ein schwarzes Hemd anziehen würde, um die Erfahrung zu machen, ob es mir mit Beihülfe dieser Mittel nicht gelingen würde, mich vor den Unbequemlichkeiten und Gefahren des Klimas zu sichern.

Einige wilde Volksstämme, welche sich in sehr kalten Weltgegenden aufhalten, pflegen ihren Körper mit Oel zu bestreichen, wodurch ihr Körper eine

Art von Glanz bekömmt, weil die Lichtstrahlen, welche ihre Haut berühren, stärker abprallen. Sollten nicht die kaltmachenden Strahlen, vermittelst dieser Procedur ebenfalls abgeleitet werden?

Wenn dies wirklich der Fall wäre, so würden wir, anstatt diese armen Geschöpfe wegen ihrer Anhänglichkeit an einen eben so ekelhaften als dem Anscheine nach unnützen Gebrauch zu verachten, vielmehr Ursache haben über Einsichten zu erstaunen, oder vielmehr die schützende Vorsehung dafür zu segnen, daß sie den Trieb in sie pflanzte, dasjenige, was zu ihrem Besten gereicht, willig und gern in Ausübung zu bringen.

Die Hottentotten beschmieren ihre Körper auf eine Art, die noch weit ekelhafter ist. Sie glauben überaus schön geschmückt zu seyn, wenn sie mit einer Schicht Fett, die mit Unflat vermischt ist, bedeckt sind. Wie, wenn sie durch diesen Anstrich in Stand gesetzt würden, die außerordentliche Hitze ihres Klimas ertragen zu können? Einige Experimente, die ich in dieser Hinsicht angestellt habe und worüber ich mich bei einer anderen Gelegenheit näher erklären werde, lassen mich vermuthen, daß dieser Gebrauch den Hottentotten dieselben Vortheile gewährt, welche

die Natur den Neger vermittelst ihrer schwarzen Farbe verschafft.

Ich darf wohl voraussetzen, daß man mir nicht zutrauen werde, als wenn ich in vollem Ernst zur Absicht hätte, civilisirten Nationen die unsauberen Gebräuche jener Wilden anzupreißen. Im Gegentheile war ich von jeher der Meinung, die Reinlichkeit sey mit der Gesundheit, sogar mit der Wohlfahrt des Menschen so unzertrennlich vereinbart, daß ich mir ohne dieselbe keinen wahren Lebensgenuß denken kann. Eben so gewiß bin ich aber auch überzeugt, daß uns die Vortheile, welche sich die Wilden durch diese nämlichen Gebräuche verschaffen, auf dieselben Resultate leiten würden, wenn wir gewisse Vorkehrungen träfen, die mit den, in Ansehung der Reinlichkeit bei uns üblichen Gebräuchen besser übereinstimmten. Eine vollständige Kenntniß der Art und Weise, wie die Wärme und die Kälte erzeugt werden, könnte uns in Stand setzen, jene Wirkungen auf eine solche Art hervor zu bringen, die ihres Entzwecks gewiß nicht verfehlen würde. Auch würde uns eine genauere Untersuchung der Naturerscheinungen, welche sich täglich vor unseren Augen ereignen, zu mancherlei nützlichen Kenntnissen verhelfen.

Wenn es wahr ist, daß die schwarze Farbe den

Neger für die kleine Anzahl kaltmachender Strahlen, die selbst unter einem heißen Klima von Zeit zu Zeit auf ihn wirken, nicht nur empfänglicher macht, sondern ihn zugleich auch in Stand setzt, die außerordentliche Hitze, welche unter dem heißen Erdgürtel herrscht, ertragen zu können, so fragt sich, wie es zugeht, daß er in seinem nackten Zustande nicht unter den brennend heißen Strahlen erliegt, welche die Sonne senkrecht auf ihn herabschickt.

Leute, die den Neger unter einem heißen Himmelsstriche mutternackt den Sonnenstrahlen ausgesetzt sahen, werden bemerkt haben, daß seine Haut unter diesen Umständen allemal stark glänzt. Dies rührt von einer ölichten Materie her, die alsdann aus seinen Schweißlöchern hervortritt und die dadurch bewirkte Glätte seiner Haut verursacht, daß die warmmachenden Strahlen der Sonne von derselben abprallen.

Wenn die Wärme stärker zunimmt, so tritt auf der Oberfläche der Haut der Schweiß hervor; alsdenn vereint sich die kaltmachende Wirkung des Ausdünstens, mit jener des Abprallens, welches aus der so eben angegebenen Ursache noch stärker von statten geht, und der Neger wird dadurch um so mehr erquickt.

Wenn nun die Sonne sich unter dem Horizonte verbirgt, so verschwindet der Schweiß, die ölichte Materie sogar, welche die Oberfläche der Haut bedeckte, tritt wieder in die inneren Theile zurück, und die Epidermis bleibt in einem Zustande, wodurch das Eindringen der schwachen kaltmachenden Strahlen, die von den in der Nähe befindlichen Körpern herrühren, außerordentlich erleichtert wird. Doch, hier ist der Ort nicht, wo ich mich über dergleichen Spekulationen ausführlicher erklären kann.

Ich will nunmehro einige Experimente beschreiben, die ich in der Absicht anstellte, meine Untersuchungen über die Strahlungen kalter Körper fortzusetzen.

Als ich wahrgenommen hatte, daß meine Thermoskope durch das Strahlen kalter Körper, selbst in beträchtlicher Ferne und ohne daß die Strömungen der Luft hiebei den mindesten Einfluß hatten, merklich gereizt wurden, so wünschte ich zu erforschen, ob das Kaltwerden eines warmen Körpers durch diese Strahlungen merklich erleichtert werde, oder nicht.

Neun und zwanzigstes Experiment.

Ich ließ mir zwei kegelförmige Gefäße von dünn geschlagenem Messing machen, die an den unteren Thei-

Theilen vier Zoll im Durchmesser hatten, vier Zoll lang waren, und nach obenzu einen cylindrischen Hals von 0. 88 Zoll im Durchmesser und vier Zoll Länge, bildeten. Jedes dieser Gefäße that ich in einen Cylinder von dünner, mit Goldpapier überzogenen Pappe, und umhüllte sie dergestalt mit Kaninchenfellen, daß nicht ein einziger Theil dieser Gefäße, ausgenommen an flachen Boden, von der Luft berührt werden konnte. Hierauf bedeckte ich diese Böden mit Goldschlägerhäutchen, die ich zuvor mit Tusche schwarz angestrichen hatte.

Nun hieng ich diese beiden Gefäße senkrecht an die beiden einander entgegengesetzten Enden eines hölzernen Trägers, und stellte darunter ein zinnernes Becken, das von Innen über einem brennenden Wachsstocke schwarz angelaufen war. Das eine wie das andere dieser Becken hatte sechs Zoll im Durchmesser und ruhte auf einem anderen nicht gar tiefen Gefäße von Fayençe, dessen Durchmesser zwölftehalb Zoll betrug. Das letztere Gefäß stand auf einem runden hölzernen Träger, welcher zehen Zoll im Durchmesser hatte.

Auf jedes dieser zinnernen Becken, oder vielmehr dieser Schüsseln, legte man einen Bogen star-

kes Zeichenpapier, welches rund geschnitten war und in der Mitte ein rundes Loch hatte, von etwa sechs Zoll im Durchmesser. Dieses Papier vertrat die Stelle eines durchlöcherten Deckels.

Nach der verhältnißmäßigen Anordnung der verschiedenen Theile des Apparats, betrug die Höhe in welcher die Oberfläche eines jeden der gedachten Becken von dem Fußboden abstand, gerade vierzig Zoll aus, und der Boden der messingenen Gefäße, welche senkrecht über den Becken hiengen, war gerade vier Zoll von der Oberfläche derselben entfernt.

Das eine der gedachten Becken hatte die Temperatur des Zimmers (63 Grad Fahrenheit); das andere erhielt man, so lange das Experiment dauerte, in der Temperatur des schmelzenden Eises und zwar einer gewissen Quantität zerstoßenen Eises, das mit Wasser vermischt war und womit man das Gefäß von Fayençe gefüllt hatte, worin das zinnerne Becken stak.

Jedes der gedachten Becken hatte genau die Tiefe eines Zolls, und zwar von dem äußersten Theile des Randes an, bis herab auf die obere Fläche seines platten Bodens. Dieser Boden hatte ungefähr acht Zoll im Durchmesser.

Man füllte die beiden kegelförmigen Gefäße mit kochendem Wasser und gab genau auf die Zeiten Acht, welche sie nöthig hatten, um zu erkalten.

Man wird aus der Beschreibung des Apparats ersehen haben, daß das über dem Eise hängende Gefäß, weder von einer Strömung der kalten Luft berührt werden konnte, die von diesem nämlichen Eise herrührte, noch von dem Kaltwerden, welches dasselbe in den Wänden des aus Fayence bestehenden Gefäßes verursachte, worin es enthalten war. Diese Luft, die in eben dem Nu, wo sie erkaltete, specifisch schwerer wurde, fieng nun an, sich gegen den Fußboden herabzusenken, und die kalt gewordene Luft in der Schüssel mußte darin beisammen bleiben, da dieselbe nicht durch das rund geschnittene Papier konnte, welches man in der Absicht darüber gedeckt hatte, damit sie nicht etwa durch die wellenförmigen Bewegungen der in dem Zimmer befindlichen Luft, ebenfalls in Bewegung gesetzt wurde. Auch hatte man das Zimmer so sorgfältig verwahrt, daß sogar die Fensterladen zugemacht waren und nicht eher geöffnet wurden, bis es darum zu thun war nach den Thermometern zu sehen, die in den kegelförmigen Gefäßen steckten.

Um nun aber den Boden der gedachten Gefäße vor die wellenförmigen Bewegungen der Zimmerluft, die vielleicht in Betreff des Kaltwerdens einige Irregularität verursacht hätten, noch besser zu verwahren, hatte man den Boden mit einer cylinderförmigen Umhüllung von feinem Papier versehen, die einen Zoll breit über die Fläche des mehr erwähnten Bodens hinaus gieng. Diese Umhüllungen schlossen an den Cylinder von Pappe, womit man die kegelförmigen Gefäße bekleidet hatte, fest an und das Ganze war mit den oben erwähnten Kaninchenfellen bedeckt. Auch hatte man noch überdies den Raum zwischen der kegelförmigen Wand der Gefäße und dem Cylinder von Pappe, welcher diese nämlichen Wände umgab, mit Eiderdun ausgefüllt, damit die Wärme der Seitenwände besser beisammen blieb, und die untere Fläche vor den Einflüssen, welche verhältnißmäßig auf das Kaltwerden Bezug haben konnten, so viel wie möglich geschützt würde.

Das Resultat dieses Experiments, entsprach ganz der Erwartung. Das kegelförmige Gefäß, welches über dem mit Eis gefüllten Becken hieng, vollendete sein Kaltwerden in dem gewöhnlichen Intervall von 10 Grad (nämlich zwischen dem fünfzigsten und vierzigsten Grade über der Temperatur der

Zimmerluft) in 33 Minuten und 42 Sekunden, da hingegen das andere Gefäß, dessen Temperatur sich nicht über die einer durch Eis kalt gemachten Fläche erstreckte, 39 Minuten und 15 Sekunden nöthig hatte, um während desselben Intervalls zu erkalten.

Dreißigstes Experiment.

Als ich dieses Experiment des anderen Tages wiederholt und die Temperatur der Zimmerluft auf 63 Grad stand, verhielten sich die Zeiten des Kaltwerdens in demselben Intervall der Temperatur folgendermaaßen:

Das Gefäß, welches über dem Eise hieng erkaltete in = = = = 33′ 15″

Das andere Gefäß, über dem Becken, in derselben Temperatur wie die Zimmerluft, erkaltete in = = 39′ 30″

Aus diesen mit möglichster Sorgfalt veranstalteten Experimenten erhellet, daß kalte Körper auf die warmen Körper von fern wirken und dazu beitragen, die Temperatur dieser letzteren allmählich herab zu stimmen.

Eben so deutlich wird man, wenn man sonst nur genau auf diesen Gegenstand Acht giebt, bemer-

ken, daß das Kaltwerden des Gefäßes, welches über dem kalt gewordenen Becken hieng, im Grunde betrachtet, vermittelst der kaltmachenden Strahlen, die aus demselben hervorkamen, weit mehr beschleunigt wurde, als der Unterschied der mit einander verglichenen Zeiten des Kaltwerdens anzuzeigen scheint, wenn man hiebei weiter keinen anderen Umstand mit in Anschlag bringt.

Diese Zeiten stehen offenbar mit der Geschwindigkeit des Kaltwerdens im entgegengesetzten Verhältnisse; da jedoch nicht alle während dieser Experimente verloren gegangene Wärme bloß durch den Boden der Gefäße drang, und da hiernächst die Strahlen, welche von der erkalteten Oberfläche herrührten, nur auf den Boden des über derselben hängenden Gefäßes fielen, ohne daß sie übrigens einigen Einfluß auf die Seitenwände des Gefäßes hatten, so war die Geschwindigkeit, in welcher die Wärme durch diese Seitenwände drang, bei beiden Gefäßen gleich. Mithin konnte es nicht anders seyn, als daß der Apparat, dessen Erkaltung langsamer von statten gegangen war, d. i. derjenige, welcher nicht über dem Eise hieng, nach Verhältniß dieses besonderen Umstandes, einen größeren Theil seiner Wärme durch die Seitenwände, und folglich einen

kleineren Theil durch den Boden verloren haben mußte.

Das Kaltwerden dieser Apparate ist ein weit verwickelter Prozeß, als es beim ersten Blicke scheint. Es erfordert daher einige Erläuterungen.

Da die beiden Gefäße einander in jedem Betracht gleich sind, und gleich starke Quantitäten Wasser von einerlei Temperatur enthalten, so müssen auch die absoluten Quantitäten der Wärme, die sowohl das eine als auch das andere verloren hat, bei einerlei Grad des Kaltwerdens, einander gleich seyn.

Wenn man nun diese Quantität mit a, jene Quantität hingegen, welche durch die umhüllten Seitenwände des Gefäßes drang, welches während seines in dem Intervall von 10 Grad erfolgten Kaltwerdens über dem Eise aufgehangen war, mit x, und die Quantität, welche während der Zeit, in welcher sich das andere Gefäß einer ähnlichen Quantität entlud, durch dessen Seitenwände drang, mit y bezeichnet, so muß sich die Quantität der Wärme, welche durch den Boden des über dem Eise hängenden Gefäßes während der Zeit drang, die es nöthig hatte, um in dem mehrerwähnten Intervall wieder kalt zu

werden, genau so wie a — x verhalten haben; und auf eben die Art muß sich die Wärme, welche durch den Boden des andern Gefäßes während der Zeit entwich, binnen welcher dasselbe bis auf eine gewisse Anzahl Grade erkaltete, wie a — y verhalten.

Da jedoch die Geschwindigkeit, mit welcher die Wärme durch die Seitenwände drang, bei beiden Apparaten gleich groß war, so müssen sich die Quantitäten der Wärme, welche auf diesem Wege davon eilten, genau so zu einander verhalten haben, wie die Zeiten des Kaltwerdens. Mit diesen Zeiten hatte es während des letztern Experiments (No. 30.) folgende Bewandniß:

Aus dem Gefäße, das über dem Eise hieng, entwich die Wärme in . . 33′ 15″ = 1995″

Aus dem andern Gefäße entwich dieselbe in . . . 39′ 30″ = 2370″

Also, x : y = 1995 : 2370

Folglich behält man $x = \frac{1995}{2370} y = 0.84177\ y$.

Wenn man nun annimmt, der Werth des x sey = 0. 84177 y, so müssen sich die Quantitäten der Wärme, die während des gedachten Experiments (No. 30.) durch den Boden der beiden Gefäße dran-

gen, für das über dem Eise hängende Gefäß wie a—0.84177 y, und für das andere Gefäß wie a—y verhalten haben.

Da nun y viel größer ist als 0. 4177 y, so ist auch a—0. 4177 y viel größer als a—y, oder mit andern Worten, die Quantität der Wärme, welche durch den Boden des Gefäßes drang, das am geschwindesten erkaltete, war größer als jene, die durch den Boden des andern Gefäßes entwich. Hieraus ersieht man, daß die Wirkung der kaltmachenden Strahlen, welche von der kalten Oberfläche herrührten, während der mehr erwähnten Experimente weit stärker war als es das Ansehen hatte, so lange man dieselbe bloß nach der Zeit des Kaltwerdens schätzte.

Wenn man genau bestimmen will, um wie viel das Kaltwerden durch die Gegenwart des kalten Körpers beschleunigt wurde, so muß man vorher auszumitteln suchen, wie viel Wärme, während der mehrerwähnten Experimente, durch den Boden der beiden Gefäße wirklich hindurch drang. Wir wollen dies dadurch zu bewirken suchen, daß wir die Resultate derselben mit jenen einiger anderer Experimente von derselben Beschaffenheit, mit einander vergleichen.

Während des Experiments No. 28. hatte ein cylindrisches Gefäß von dünn geschlagenem Messing, von vier Zoll im Durchmesser und vier Zoll Höhe, das mit schwarz angestrichenen Goldschlägerblättchen bedeckt war, nachdem man es mit kochendem Wasser gefüllt und zum Kaltwerden in ein großes Zimmer gestellt hatte, $23\frac{1}{2}$ Minute Zeit nöthig, bis sich seine Temperatur vom fünfzigsten bis zum vierzigsten Grade über der Temperatur der äußern Luft herabließ.

Die Quantität der Fläche dieses an die kalte Luft gestellten Gefäßes betrug 74. 5581 Quadratzoll, ohne die Röhre, welche man mit Pelzwerk umwikkelt hatte.

Die Fläche, welche man in den mit den kegelförmigen Gefäßen vorgenommenen Experimenten an der freien Luft bloßgestellt hatte, das heißt, die äußere Fläche des Bodens eines jeden dieser Gefäße, verhielt sich wie $4 \times 3{,}14159 = 12.\ 4263$ Quadratzoll.

Da die Durchmesser und die Höhen der kegelförmigen und cylindrischen Gefäße einander verhältnißmäßig gleich waren, so mußte sich ihr Raumesinhalt wie 1 zu 3 verhalten, und die Quantitäten der Wär-

me, welche sie während des Kaltwerdens verloren, mußten mit diesem Raumesinhalte in gleichem Verhältnisse stehen.

Wenn nun das cylindrische Gefäß eine Quantität = 3 in $23\frac{1}{2}$ Minuten verloren hatte, so hätte demselben eine Quantität = 1 (und gerade so viel hatte das kegelförmige Gefäß verloren), in dem dritten Theile dieser Zeit, d. h. in sieben Minuten und 50 Sekunden entgehen müssen.

Allein die Quantität der Fläche, die während des mit dem cylindrischen Gefäße vorgenommenen Experiments der Luft bloßgestellt war, verhielt sich zu jener, die während des mit dem kegelförmigen Gefäße angestellten Experiments, der Luft ebenfalls ausgesetzt war, wie 74. 5581 zu 12. 4263, oder wie 6 zu 1.

Da nun die Zeit, binnen welcher eine gewisse Quantität Wärme aus einem gutverwahrten Gefäße, in einem dasselbe umgebenden flüssigen Mittel entweicht, alles übrige abgerechnet, sich gerade umgekehrt wie die Fläche desselben Gefäßes verhält: so folgt, daß, wenn eine Quantität Wärme = 1 in Zeit von sieben Minuten und fünfzig Sekunden aus

dem cylindrischen Gefäße entweichen konnte, dieselbe sechsmal so viel Zeit, oder 47 Minuten gebraucht haben würde, um aus dem kegelförmigen Gefäße, durch dessen flachen Boden zu entweichen, wobei jedoch vorauszusetzen ist, daß keine Wärme durch die bedeckten Wände des Gefäßes drang.

Wenn daher alle Wärme welche das kegelförmige Gefäß verlor, 47 Minuten Zeit nöthig gehabt hätte, um durch den Boden des gedachten Gefäßes zu dringen, so liegt deutlich am Tage, daß die Quantität, welche während des mehrerwähnten Experiments (No. 30.) wirklich durch jene Oberfläche entwichen war, sich zu der Totalsumme des Verlusts nicht anders verhalten konnte, wie $39\frac{1}{2}$ zu 47.

Nehmen wir nun eine gewisse Zahl, z. B. 10,000 an, um vermittelst derselben die ganze Quantität Wärme zu bezeichnen, die während des Experiments verloren gieng, so können wir hiernach den Theil der Wärme bestimmen, welcher durch den Boden des kegelförmigen Gefäßes drang, und folglich auch jenen Theil, der durch dessen umhüllte Wände entwich.

Wenn die ganze Quantität Wärme, = 10,000

sieben und vierzig Minuten Zeit brauchte, um durch den Boden des Gefäßes zu dringen, so konnte die, welche wirklich in $39\frac{1}{2}$ Min. = a — y hindurch drang, nicht mehr als 8404 betragen; den 47' : 10,000 = $39\frac{1}{2}$: 8404. Der übrige Theil der Wärme, = 10,000 — 8404 = 1396 = y, muß durch die Seitenwände des Gefäßes entwichen seyn.

Und wenn eine Quantität Wärme = 1396 neun und dreißig und eine halbe Minute Zeit brauchte, um durch die umhüllten Wände des einen kegelförmigen Gefäßes zu dringen, so kann die Quantität, welche in $33\frac{1}{2}$ Minuten durch die Wände des andern drang, nicht über 1175 betragen haben, und der übrige Theil welcher während des Experiments wirklich verschwand, und sich wie 10,000 — 1175 = 8826 = a — x verhielt, muß durch den Boden des Gefäßes entkommen seyn.

Hieraus erhellet, daß die Quantität Wärme, welche wirklich durch den Boden des kegelförmigen, über dem Eise hängenden Gefäßes in $33\frac{1}{2}$ Minuten entwich, sich zu jener, die in $39\frac{1}{2}$ Minuten durch den Boden des andern Gefäßes hindurch drang, sich zu 8825 zu 8404 verhielt, und daß folglich die Geschwindigkeit, mit welcher die Wärme durch den Bo-

den des Gefäßes davon eilte, welches den von der Oberfläche der kalt gewordenen Schüssel herrührenden kaltmachenden Strahlen ausgesetzt war, sich zu der Geschwindigkeit, mit welcher sie durch den Boden des andern Gefäßes entwich, wie 8825 zu 8404 und wie $39\frac{1}{2}$ zu $33\frac{1}{4}$, oder wie 10,000 zu 8025, d. i. beinahe so wie 5 zu 4, verhielt.

Aus diesen Experimenten und Berechnungen scheint mir nun hervorzugehen, daß das Kaltwerden des warmen Körpers, der über dem vermittelst des Eises kalt gemachten Becken hieng, durch die Nähe des kalten Körpers auf eine merkliche, sogar fühlbare Weise, beschleunigt wurde. Sollten wir nicht noch weiter gehen und behaupten dürfen, daß dies die kaltmachenden Strahlen bewirkten, die aus dem gedachten Körper ausflossen?

Außer den hier beschriebenen Experimenten, habe ich auch noch mehrere andere veranstaltet, und immer dieselben Resultate erhalten. Sie umständlich zu beschreiben ist hier der Ort nicht; in der Folge werde ich vielleicht Gelegenheit finden, wieder auf diesen Punkt zu kommen.

Da während der beiden letztern Experimente die

beiden kegelförmigen Gefäße senkrecht aufgehangen und ringsum mit einem Cylinder von Papier umgeben waren, der einen halben Zoll breit über die horizontale Fläche ihres Bodens hervorragte, so konnte die Luft, welche diesen nämlichen Boden berührte, und da sie hier einen stärkern Grad von Wärme annahm, specifisch leichter wurde, nicht nach oben zu in die Atmosphäre verfliegen, weil dies das Papier worin sie enthalten war, verhinderte. Es ist nicht im mindesten zu bezweifeln, daß die Zeit des Kaltwerdens durch diesen Umstand merklich verlängert wurde; denn da man alle Ursache zu glauben hat, daß die Art und Weise, wie die Wärme in der Luft von oben nach unten, von einer Partikel dieser Flüssigkeit zur andern sich fortpflanzt, entweder schlechterdings unmöglich ist, oder doch so langsam von statten geht, daß dadurch keine merkliche Veränderung bewirkt wird, auch noch überdem der Boden der Gefäße von neuen unmittelbar auf einander folgenden Partikeln kalter Luft nicht berührt werden konnte, so versteht sich von selbst, daß die Flüssigkeit auf diese Art während der mehrerwähnten Experimente nur sehr wenig Wärme mit fortnahm.

Um zu erforschen, wie viel eigentlich die Quantität der auf diese Art mitgetheilten Wärme betrüge,

wenn immer neue auf einander folgende Luftpartikeln jene Fläche frei und ungehindert berührten, veranstaltete ich das folgende Experiment.

Ein und dreißigstes Experiment.

Man hieng, vier und vierzig Zoll hoch über dem Fußboden zwei kegelförmige Gefäße, (die ich von nun an, des Unterschieds wegen, No. 5. und No. 6. nennen werde), in freier Luft auf. Man füllte dieselben mit Wasser und ließ sie erkalten, nachdem man zuförderst die Becken, ihre Träger u. s. w. weggethan hatte.

Das Gefäß No. 5. wurde senkrecht, d. i. auf eine solche Art aufgehangen, daß der Boden desselben wie zuvor, eine horizontale Richtung behielt; die Achse des Gefäßes No. 6. hingegen neigte man unter einem Winkel, der mit der Horizontalfläche einen Winkel von 45 Grad bildete, und folglich der flache Boden des gedachten Gefäßes unter demselben Winkel sich neigte. Dieser Richtung zufolge, konnte die Luft, welche durch die Berührung der geneigten Ebene erwärmt worden war, von unten nach oben zu frei und ungehindert entweichen und andern Luftpartikeln Platz machen, die, nachdem sie erwärmt waren, auf dieselbe Weise davon eilten,

wel=

welches immer so fortdauerte. Man hatte Grund zu vermuthen, daß bei so bewandten Umständen der warme Körper der äußeren Luft unmittelbar so viel Wärme, als nur irgend möglich wäre, mittheilen, und daß diese Anordnung dazu beitragen würde, das Kaltwerden des Gefäßes zu beschleunigen.

Zwischen dem Kaltwerden dieses Gefäßes und des mit No. 5. bezeichneten, welches man senkrecht aufgehangen hatte, fand zwar in dieser Hinsicht eine gewisse Verschiedenheit statt, die aber nicht gar beträchtlich war. Dies zeigt wenn ich nicht irre, daß die Quantität Wärme, welche der Luft von einem Körper, welcher in dieser Flüssigkeit erkaltet, unmittelbar mitgetheilt, in Vergleichung mit jener welche durch die Strahlung verfliegt, verhältnißmäßig gering ist.

Das Gefäß No. 5. erkaltete von den zehn gewöhnlichen Graden seiner Temperatur in $38\frac{1}{2}$ Minuten, und das inklinirte Gefäß No. 6. in $37\frac{1}{4}$ Minute.

Man wird auch, ohne mein Erinnern bemerken, daß das Gefäß No. 5., während dieses Experiments ein wenig geschwinder als in den beiden vorhergehenden (No. 29. und 30.) erkaltete, wo man

es über das messingene Becken gehangen hatte, welches, (wenigstens zu Anfang des Experiments) dieselbe Temperatur hatte wie die Zimmerluft. Das gedachte Becken war von den warmmachenden Strahlen, die vom Boden des Gefäßes emporstiegen, ein wenig erwärmt worden, vielleicht aber noch mehr vermittelst der durchlöcherten Papierscheibe, womit man dasselbe bedeckt hatte. Dies war zugleich die Ursache, weswegen der kaltmachende Einfluß dieser Körper sich weniger erzeugte, die Temperatur des Gefäßes zu vermindern, und eben dadurch mußte das Kaltwerden desselben um so mehr verzögert werden.

Bei einem der vorhergehenden Experimente hatte der Apparat sein Kaltwerden, nach dem gewöhnlichen Intervall (von 10 Grad) in $39\frac{1}{2}$ Minuten, während des anderen in $39\frac{1}{4}$ Min. und während des letzteren bloß in $38\frac{1}{2}$ Min. vollendet.

Wenn man (was mir eben nicht unwahrscheinlich vorkömmt) voraussetzt, daß, wo nicht alle, doch beinahe alle verloren gegangene Wärme, durch das Instrument Nro. 5. in die Luft strahlte, so läßt sich hiernach bestimmen, welche Quantität Wärme, die das Instrument Nro. 6. verlor, der Luft mit-

getheilt wurde, welche die Oberfläche desselben berührte.

Wenn man sich nun die Quantität der aus jedem Instrumente während des beobachteten Kaltwerdens verloren gegangenen Wärme unter der Zahl 10,000 denkt, und demnächst erwägt, daß, wie wir so eben gesehen haben, eine Quantität Wärme = 1396 in Zeit von $39\frac{1}{2}$ Minuten durch die umhüllten Wände eines jeden der beiden Apparate dringt, so müssen sich die solchergestalt während dieses Experiments verloren gegangenen Quantitäten für das Instrument Nro. 5. in $38\frac{1}{2}$ Min. wie 1081, und für das Instrument Nro. 6. in $37\frac{1}{4}$ Min. wie 1046 verhalten. Wenn wir nun die sonach durch die Seitenwände entwichenen Quantitäten, von der Totalsumme = 10,000, die aus jedem der gedachten Instrumente verloren gieng, abziehen, so werden wir heraus bringen, wie viel durch den Boden eines jeden derselben hindurchdrang.

Für das Instrument Nro.
5. bekommen wir = 10,000 — 1081 = 9919.
Für das Instrument Nro.
6. bekommen wir = 10,000 — 1046 = 9954.

Wenn nun die ganze Wärme, welche aus dem Boden des Instruments Nro. 5. durch die Luft strahlte und kein vernünftiger Grund zu der Voraussetzung vorhanden ist, daß eine kleinere Quantität auf dieselbe Art durch den Boden des Instruments Nro. 6. drang, so erhellet von selbst, daß das Letztere, nur allein durch die Strahlung eine Quantität Wärme = 9597 verlor;

denn $38'\frac{1}{3} : 9,919 = 37'\frac{1}{4} : 9,597$.

Und wenn außer der Totalsumme der Wärme, die durch den Boden des kegelförmigen Instruments Nro. 6. = 9954 drang, auch noch eine Quantität = 9597 unter der Gestalt warmmachender Strahlen in die Luft gieng, so kann nur der Ueberrest, den wir zu 357 Theilchen annehmen wollen, der Luft durch die Berührung mitgetheilt worden seyn.

Hieraus folgt demnach, daß wenn ein warmer Körper in freier Luft erkaltet, diese denselben umgebende Flüssigkeit nur $\frac{1}{27}$ der verloren gegangenen Wärme erlangt; denn 357 : 9597 verhält sich, wo nicht ganz, doch beinahe wie 1 zu 27. Doch dies mag für jetzt in Betreff dieses Gegenstandes genug seyn.

Einer von den Gegenständen, worauf ich bei

dem letzteren Experimente mein Augenmerk gerichtet hatte, war der, zu entdecken, ob das Kaltwerden eines warmen Körpers in freier Luft, durch die größere oder mindere Entfernung von anderen ihn umgebenden Körpern, merklich beschleunigt, oder nicht beschleunigt werde, wenn diese Körper mit der Luft in einerlei Temperatur stehen. Da nun die Vergleichung des durch dieses Experiments erhaltenen Resultats, mit jenen der beiden vorhergehenden Experimente, so offenbar zeigte, daß das Erkalten des kegelförmigen Gefäßes durch die Nähe des zinnernen Beckens, über welchem man es aufgehangen hatte, verzögert worden war, so wurde ich hierdurch veranlaßt, diese Experimente, mit einigen Abänderungen, zu wiederholen.

Jene Untersuchungen kamen mir um so wichtiger vor, da es das Ansehen hatte, als würden sie mir Gelegenheit verschaffen, eine der Ursachen zu entdecken, wovon eigentlich die Wärme der Substanzen herrührt, deren man sich zu Kleidungsstücken bedient.

Zwei und dreißigstes Experiment.

Ich stellte das zinnerne Becken wieder wie zuvor, unter die kegelförmigen Gefäße, aber nur

in einer Entfernung von drei Zoll. Das Becken unter Nro. 5, hatte die Temperatur der Zimmerluft (62°); das andere, unter Nro. 6, erhielt man in der Temperatur des Gefrierpunktes und zwar vermittelst einer Mischung von Wasser und Eis, die in dem Gefäße von Fayençe enthalten war, auf welches man dieses Becken gestellt hatte.

Die Zeiten des Kaltwerdens der Gefäße (für die bewußten 10 Grad) verhielten sich unter diesen Verhältnissen folgendermaaßen:

Nro. 5. = = 40¾ Min.
Nro. 6. = = 33¼ Min.

Drei und dreißigstes Experiment.

Ich wiederholte dieses Experiment und zwar so, daß ich den kegelförmigen Gefäßen, die unter denselben stehenden Becken noch näher brachte und selbige für diesmal nur zwei Zoll weit von ihnen abstanden. Die Papierscheiben, welche in der Mitte ein rundes Loch hatten, lagen auf den Becken an gehöriger Stelle. Man wird sich erinnern, daß das erwähnte Loch nicht weniger als sechs Zoll im Durchmesser hatte und daß folglich ein beträchtlicher Theil vom flachen Boden des Beckens den Boden des über

demselben hängenden Gefäßes, wenn ich mich so ausdrücken darf, völlig im Gesichte hatte.

Die Zeiten des Kaltwerdens verhielten sich (für die mehrerwähnten 10 Grad) auf folgende Weise:

Nro. 5. = = = = = $42\frac{1}{4}$ Min.
Nro. 6. über dem Eise, = $32\frac{1}{2}$ —

Diese Experimente dienten zum Beweis dessen was man im voraus erwarten konnte, wenn man voraussetzt, daß die Körper vermittelst der Strahlungen warm und kalt gemacht werden; daß nämlich, wenn gleich die Erkaltung des warmen Gefäßes, das über einer auf eine künstliche Art kalt gemachten Fläche hängt, durch die Annäherung der Flächen beschleunigt wurde, demungeachtet, so oft der Fall eintrat wo die kalte Fläche nur im mindesten weniger kalt war und ihre Temperatur durch die warmmachenden Strahlen des warmen Körpers merklich erhöhet werden konnte, das Kaltwerden des letzteren, wegen seiner Annäherung gegen diese kalte Fläche, merklich langsamer von statten gieng.

Aus Obigem läßt sich ganz sicher der Schluß machen, daß, wenn der warme Körper, anstatt ein kegelförmiges überall, nur nicht am Boden, umhüll-

tes Gefäß zu seyn, eine Kugel gewesen wäre und man diese Kugel über dem Mittelpunkt einer hohlen, größeren, dünnen Kugel, aufgehangen hätte, die zu Anfang des Experiments mit der Luft und den Wänden des Zimmers in gleicher Temperatur stand, daß sodann, sage ich, das Kaltwerden des warmen Körpers, vermittelst der Wände der hohlen Kugel, auf eben die Art verzögert worden wäre, wie das Kaltwerden des kegelförmigen Gefäßes Nro. 5. während der vorhergehenden Experimente verzögert wurde, und wenn man den warmen Körper, anstatt denselben in der Mitte einer einzigen hohlen Kugel von einer gewissen Dicke zu verwahren, in den gemeinschaftlichen Mittelpunkt mehrerer ungleich dünnerer concentrischen Kugeln gebracht hätte, so würde dadurch das Kaltwerden unfehlbar noch länger verzögert worden seyn.

Wenn man über die verschiedenen Operationen, welche in Bezug auf das Kaltwerden des warmen Körpers, während jenes imaginären Experiments statt gehabt hätten, noch weiter nachdenken will, so wird man zugleich die Beschaffenheit derjenigen kennen lernen, welche wirklich statt finden, wenn das Erkalten vermittelst einer der sogenannten warmen Umhüllungen verzögert wird.

Wenn wir, zum Beispiel voraussetzen, daß die hohlen und dünnen Kugeln, in welche wir den warmen Körper verschließen, aus polirtem Metall bestehen, so wird das Erkalten allemal langsamer erfolgen, wenn dieses Metall schwarz angelaufen ist. Diese Folgerung wird uns Veranlassung geben, etwas zu vermuthen, das vielleicht wirklichen Grund hat; nämlich, daß die Wärme einer Substanz, deren man sich zur Kleidung bedient, oder die Kraft, wodurch dieselbe verhindert, daß unser Körper nicht durch den Einfluß (die kaltmachenden Strahlen) der ihn umgebenden kalten Körper erkaltet, großentheils von dem Umstande abhängt, daß ihre Oberfläche glatt ist.

Wenn man die Substanzen, wodurch unser Körper, wenn man ihn damit bekleidet, am stärksten erwärmt wird, z. B. Pelzwerk, Federn, Seide und dergl. durch das Mikroskop betrachtet, so wird man finden, daß die Oberflächen derselben außerordentlich glatt, und daß, alles andere abgerechnet, gerade diejenigen die wärmsten sind, die aus dem dünnsten Zellgewebe, oder aus glatten, in gehöriger Weite von einander entfernten Fibern bestehen.

Die feinen weißen Hasenbälge, aus Rußland;

halten ungleich wärmer, als gröberes Pelzwerk; und die feine Seide, so wie sie der Seidenwurm spinnt, theilt ebenfalls, wie ich aus eigener Erfahrung weiß, dem Körper weit mehr Wärme mit, als wenn diese nämliche Seide gedreht ist und aus gröbern Fäden besteht. (Man lese die Beschreibung meiner in Betreff der Wärme angestellten Experimente, im achten meiner im Druck erschienenen Versuche.)

Ehedem war ich der Meinung, daß die Wärme, der natürlichen Bekleidungen sowohl, als auch der erkünstelten, größtentheils von dem Hinderniß abhange, welches diese Substanzen den Bewegungen der Luft entgegenstellen, von welcher der warme Körper umgeben ist; bei genauerer Untersuchung ward ich aber überzeugt, daß die Wirksamkeit der Strahlung während dieser Operation weit größer ist, als ich anfangs geglaubt hatte.

Das Experiment Nro. 31. könnte uns auf die Vermuthung leiten, daß nur ein sehr kleiner Theil der Wärme, die ein warmer Körper, wenn er in freier Luft erkaltet, zu verlieren scheint, dieser Flüssigkeit wirklich mitgetheilt werde, und daß hingegen ein weit beträchtlicherer Theil in andere ihn umge-

bende Körper, selbst in einiger Entfernung übergehe; auch hatte sich wirklich der Fall ereignet, daß, während eines meiner früheren Experimente, ein warmer Körper selbst in Toricelli's luftleeren Raum erkaltete. (S. meine Versuche über die Wärme; den 71sten Band der Philos. Transakt. und meinen achten Versuch.)

Diese Untersuchungen interessirten mich um so mehr, da ich schon seit langer Zeit überzeugt war, daß dies die einzige Klasse von Experimenten ist, wodurch die in Betreff der Schwingungen (vibrations) angenommene Hypothese gestützt oder gestürzt werden kann, da aus denselben hervorgeht, wie und auf welche Art die Temperaturen der Körper in verschiedenen Entfernungen gegenseitig afficirt werden.

Wenn ich von der Wärme als von einer Sache rede, die der Luft unmittelbar von einem warmen Körper mitgetheilt wird, der in dieser Flüssigkeit erkaltet, so will ich damit bloß so viel sagen, daß die Wärme nicht zuerst den umgebenden Körpern, und dann durch diese den Luftpartikeln mitgetheilt wird, die mit ihnen einerlei Berührungspunkt haben; übrigens will ich gar nicht in Abrede stellen, daß ein großer Theil der Wärme, die einem

Körper entgeht, der im Freien erkaltet, dieser Flüssigkeit zuletzt auf die gedachte Art mitgetheilt werde.

Ich bin weit entfernt, voraussetzen zu wollen, daß die Luftpartikeln, welche, wenn sie einen warmen Körper berühren, durch die Wirkung dieser so nahen Nachbarschaft erwärmt werden, die Wärme auf eine ganz andere Art empfangen, als andere Körper, die weiter von denselben entfernt sind. Wenn der Fall eintritt, daß die Wärme durch den Einfluß warmmachender Strahlen, oder durch wellenförmige Bewegungen, die von dem warmen Körper herrühren, erregt oder hervorgebracht wird, so bin ich fest überzeugt, daß dieselbe in vorliegendem Falle auf dieselbe Art erregt werden muß, wie in jedem anderen.

Die Ursache, weswegen die Luftpartikel welche den warmen Körper unmittelbar berührt, erwärmt wird, andere Partikeln hingegen von den warmmachenden Strahlen, die aus dem warmen Körper hervorkommen und zur nämlichen Zeit an jenen vorüberstreichen, nicht afficirt werden, ist meines Erachtens diese, daß die erwärmte Partikel sich auf der Oberfläche der Flüssigkeit (der Luft) befindet,

d. i. in einer Region, wo diese Strahlen entweder abprallen oder sich brechen, oder eingesogen werden; wenn nun aber ein Strahl einmal über die Oberfläche einer durchsichtigen Flüssigkeit hinaus ist, dringt er, ohne von dieser Flüssigkeit afficirt zu werden, und folglich auch ohne sie selbst zu afficiren, so lange in schnurgerader Richtung immer weiter vorwärts, bis er entweder die Gränzen der Mitte erreicht oder an die Oberfläche eines andern Körpers gelangt.

Wenn diese durch die Strahlung bewirkte Mittheilung, oder vielmehr Erzeugung der Wärme und der Kälte, gegründet ist, so läßt sich das, was man die Nichtleitungskraft durchsichtiger Flüssigkeiten nennt, in Bezug auf die Wärme gar leicht erklären; denn, im Fall sie wirklich auf die oben beschriebene Weise erregt oder mitgetheilt wird, so liegt deutlich am Tage, daß eine vollkommen durchsichtige Flüssigkeit die Wärme sonst nirgends annehmen kann, als nur auf ihrer Oberfläche, und daß folglich die Wärme schlechterdings nicht im Stande ist, sich in einer solchen Flüssigkeit von einer Partikel zur andern immer weiter fortzupflanzen.

Unter einer durchsichtigen Flüssigkeit ver-

stehe ich eine solche, die den Strahlen warmer und kalter Körper freien Durchgang gestattet, ohne daß die Intensitäten derselben vermindert werden.

Ich will zwar keineswegs behaupten, daß es unter den uns bekannten Flüssigkeiten welche giebt, die vollkommen durchsichtig sind; indeß hat man Ursache zu glauben, daß die Luft, reines Wasser, und die meisten Flüssigkeiten, welche das Licht durchgehen lassen, die Eigenschaft der Durchsichtigkeit in Hinsicht der kaltmachenden und warmmachenden Strahlen in vorzüglichem Grade besitzen, d. i. sie frei und ungehindert durchlassen.

Man hat wahrgenommen, daß eine ebene und glatte Oberfläche das Abprallen der Lichtstrahlen ausserordentlich erleichterte. Sollte dieser Umstand nicht auch in allen andern Fällen dazu beitragen, das Abprallen der warmmachenden und kaltmachenden Strahlen ebenfalls zu erleichtern?

Als man die großen cylindrischen Gefäße, während der mit denselben vorgenommenen Experimente, ohne Umhüllung in freier Luft kalt werden ließ, waren ihre Oberflächen polirt, und sie brachten ziemlich lange zu, bevor sie völlig erkalteten; als aber

diese nämliche Oberfläche schwarz angelaufen, oder sonst mit einem fremdartigen Stoffe bekleidet war, gieng die Erkaltung viel schneller von statten.

Im erstern Falle ließ die polirte Fläche des metallenen Gefäßes einen großen Theil der kaltmachenden Strahlen, die aus den sie umgebenden kalten Körpern hervorkamen, abprallen; im zweiten Falle ward der größere Theil derselben von ihr eingesogen.

Wenn ein großer Wassertropfen, ohne zu verdunsten auf einem glühenden Eisen fortrollt, so ist die äußere Fläche dieses Tropfens glatt, und da die warmmachenden Strahlen des Metalls größtentheils abprallen, so wird das Wasser ungeachtet der außerordentlichen Intensität der Hitze des Eisens, und der großen Nähe des gedachten Tropfens nur wenig erwärmt.

Wenn das Eisen minder warm ist, so dringt das Wasser in die Poren des Oxyds, welches das Metall bedeckt, — der Tropfe verliert seine glatte Oberfläche — wird sogleich erhitzt — und verdunstet in eben dem Nu.

Wenn man einen Wassertropfen auf die reine

und glatte Fläche eines Metalls bringt, das nicht so leicht zu oxydiren ist, wie das Eisen, so wird derselbe seine runde Form und glatte Fläche unter einer geringern Temperatur als solches auf dem Eisen geschehen würde, beibehalten, folglich wird er weniger stark erhitzt seyn, und sich bei einem mäßigen Grade von Wärme nicht so leicht in Dunst auflösen.

Wenn man einen großen Wassertropfen in einen reinen silbernen Löffel thut, welcher zwar so heiß ist, daß, wenn man den naßgemachten Finger daran hält, ein starkes Zischen entsteht, dessen Temperatur aber die des glühenden Metalls weit übertrifft, so wird dieser Wassertropfen geraume Zeit der Wärme widerstehen; läßt man aber den Löffel bis zur Temperatur des kochenden Wassers erkalten, so wird der Wassertropfen welchen man hineinfallen läßt, augenblicklich verdunsten.

Diese Experimente scheinen anzuzeigen, daß die Luft, wenn ihre Temperatur einen hohen Grad erreicht, zu stark von den Metallen angezogen wird, als daß ein Wassertropfen nicht im Stande seyn sollte, vermittelst seiner Schwere die Schicht dieser elastischen Flüssigkeit, welche sich an die Metallfläche auf welcher sie ruhet, angefangen hat, von ihrem Platze

Platze zu verdrängen. Bei geringern Temperaturen findet jedoch diese Adhäsion in einem so hohen Grade nicht statt.

Folgendes Experiment wird vielleicht über diesen Gegenstand einiges Licht verbreiten. Ich veranstaltete dasselbe vor einigen Monaten in der Absicht, die Ursache zu erforschen, warum das Verdunsten der Wassertropfen, welche man auf heißes Metall fallen läßt, so langsam von statten geht.

Vier und dreißigstes Experiment.

Ich ließ einen silbernen Löffel über einem brennenden Wachsstock von innen schwarz anlaufen, that sodann einen Wassertropfen hinein, und sah, wie ich es erwartet hatte, daß derselbe eine runde Form annahm, und ohne den Löffel naß zu machen, darin hin und her rollte.

Hierauf hielt ich den Löffel über einem brennenden Wachsstock, um zu versuchen, ob ich nicht den Wassertropfen siedend heiß machen könne. Dies gelang mir aber nicht, denn der Löffel wurde so heiß, daß er mich, ob ich ihn gleich stark mit leinenen Lappen umwickelt hatte, an die Finger brannte, und jedesmal ein heftiges Zischen entstand, wenn ich ihn

an einer entblößten Stelle mit dem naß gemachten Finger anrührte. Ungeachtet dieser hohen Temperatur verhielt sich das im Löffel befindliche Wasser ganz ruhig und verdunstete nicht.

Nach mancherlei fruchtlosen Versuchen, den Tropfen bis zum Kochen zu erhitzen, goß ich denselben auf den Ballen meiner Hand. Er war heiß, aber er brannte nicht.

Als ich den Löffel lange genug mit Beihülfe einer Kneipzange über die Flamme des Wachsstocks gehalten hatte, sahe ich daß der Tropfen nach und nach kleiner wurde, und seine Gestalt änderte. Anfänglich war dieselbe rund und glänzend, jetzt wurde sie nach und nach länglicht und matt, und als der Tropfen endlich ganz verdunstete, ließ er ein hartes Häutchen zurück, welches offenbar aus kleinen Theilchen einer schwarzen Materie bestand, die sich nach und nach an die Oberfläche desselben angehangen hatten, und allem Vermuthen nach nicht wenig dazu beigetragen haben mochten, ihn zu erhitzen und in Dunst aufzulösen.

Der Umstand, daß der Tropfen seine Gestalt änderte, besonders aber daß er nach und nach seinen

Glanz verlor, brachte mich auf die Vermuthung, daß während des Experiments eine gänzliche Umwälzung (un mouvement de rotation) mit ihm vorgegangen sey. Da ich jedoch nicht das mindeste davon wahrgenommen hatte, so schloß ich hieraus, daß diese Umwälzung, wenn sie wirklich statt gehabt hatte, entweder sehr langsam oder außerordentlich schnell bewirkt worden sey.

Hier folgt nun ein anderes kleines Experiment, das ich oft in der Absicht wiederholte, meinen Freunden die Zeit zu verkürzen, und das für den Naturforscher nicht ganz ohne Interesse seyn wird.

Fünf und dreißigstes Experiment.

Wenn man einen großen Wassertropfen, bloß vermittelst der Adhäsionskraft, an das eine Ende eines hölzernen Stäbchen (z. B. von Weidenholz) hängt, das ungefähr so groß wie ein Schwefelhölzchen ist, und diesen Tropfen behende in die helle und reine Flamme eines erst kurz zuvor abgeputzten Lichtes hält, so wird man wahrnehmen, daß dieser Tropfen ziemlich lange mitten in der Flamme unverändert bleibt, und dem Ansehen nach nicht im mindesten von der Hitze afficirt wird. Nimmt man ihn hernach wieder heraus, so wird man finden, daß er,

nach dem Gefühle zu urtheilen, nichts weniger als heiß ist.

Wenn man ihn während einer bestimmten Zeitdauer in die Flamme hält, so wird sich zwar nach und nach sein Umfang vermindern, doch hat man Ursache zu glauben, daß ihm die Wärme welche er erlangt, nicht sowohl durch die Flamme, von welcher er umgeben ist, sondern vielmehr von dem Holze mitgetheilt wird, an welchem er hängt. Dieses Holz wird nach und nach warm und fängt endlich an zu brennen, ehe noch der Tropfen völlig verdunstet.

Noch muß ich hier anmerken, daß es, meiner Einsicht nach, äußerst schwer seyn dürfte, auch nur ein einziges der eben erwähnten Resultate mit der Hypothese zu vereinbaren, welche die neuern Chemiker in Betreff der Materialität der Wärme annehmen.

Da ich aus eigner Erfahrung weiß, welche Schwierigkeiten damit verbunden sind, wenn man die Mysterien der Natur enthüllen und die Triebfedern, deren sie sich bei ihren geheimen Wirkungen bedient, der Welt vor Augen legen will; und da ich hiernächst nur allzu gut weiß, welcher Gefahr man

sich aussetzt, wenn man sich an eine irrige Theorie bindet, und wie thöricht man handelt, wenn man sich und andern mit nichtigen Spekulationen die Zeit verdirbt; so war mir von jeher weit mehr daran gelegen, den Menschen zu zeigen, wie sie die Wissenschaften zu ihrem Nutzen anwenden können, als daß ich mich bestrebt hätte, wahrscheinliche Theorien zu erfinden, um gewisse Naturerscheinungen zu erklären, die oft mehr dazu beitragen, uns irre zu leiten, als auf den rechten Weg zu führen.

Indeß kann der Liebhaber physikalischer Wissenschaften zuweilen allerdings in den Fall kommen, daß er, wenn auch noch so ungern, ein allgemeines Lehrsystem entweder aufstellen oder wenigstens annehmen muß, um die merkwürdigen Thatsachen, die er von Zeit zu Zeit wahrnimmt, gehörig an einander zu reihen, und sich desselben bei seinen anderweitigen Untersuchungen zum Leitfaden zu bedienen.

Auch ich befinde mich dermalen im nämlichen Falle, und muß daher diese Gesellschaft so lange um Aufmerksamkeit, besonders aber um Nachsicht ersuchen, als ich mich damit beschäftigen werde, meine Vermuthung über das Wesen der Wärme, besonders aber über die Art und Weise, wie dieselbe sich entwikkelt und fortpflanzt, ins Licht zu setzen.

Die Ausdrücke, warm und kalt, so wie schnell und langsam, bezeichnen bloß relative Begriffe; und so wenig Bewegung und Ruhe Bezug auf einander haben, oder auf irgend eine Art mit einander in Verhältniß stehen, eben so wenig findet dergleichen zwischen einem gewissen Grade der Wärme und der absoluten Kälte, d. i. einer gänzlichen Entfernung der Wärme statt. Hieraus erhellet, daß alle Versuche die man in der Absicht anstellte, den absoluten Frostpunkt auf der Skale des Thermometers zu bestimmen, weiter nichts als Täuschungen sind.

Mir kömmt es wahrscheinlich vor, daß Bewegung zu den wesentlichen Eigenschaften der Materie gehört, und daß in der ganzen Natur gar kein Ruhestand statt findet.

Wir wissen mehr als zu wohl, daß alle Körper die in die Sinne fallen, in immerwährender Bewegung sind; und eine Menge gewöhnlicher Naturerscheinungen scheint anzuzeigen, daß die Bestandtheile aller und jeder Körper überhaupt, unter sich selbst unaufhörlich bewegt werden, und daß diese Bewegungen einer Vermehrung oder Vermin-

rung fähig sind, woraus sodann die Wärme, oder die Temperatur der Körper entsteht.

Die einzigen (uns mit Gewißheit bekannten) Wirkungen, die ein Körper in dem andern hervorbringen kann, bestehen entweder in einer Veränderung der Geschwindigkeit, oder in einer Veränderung der Richtung, oder in beiden zugleich.

Wir nehmen zwar wahr, daß gewisse Körper die Kraft besitzen, auf andere Körper in einer gewissen Entfernung zu wirken; dies dient aber keineswegs zum Beweise, daß dergleichen Wirkungen von jenen, die aus der Collision entstehen, wesentlich verschieden sind. Denn, man darf nur einen elastischen Körper zwischen diejenigen, die auf einander wirken, einschieben, und er wird sogleich zum Vehikel dienen, wodurch sie einander diese Wirkung mittheilen; so bald aber diese Wirkung ihre Endschaft erreicht, und die daraus entspringenden Folgen vorüber sind, wird das gedachte Vehikel sich wieder in demselben Zustande befinden, wie zu der Zeit wo die Wirkung ihren Anfang nahm.

Wenn eine Glocke, oder sonst ein massiver Körper der vollkommen elastisch ist, in eine voll-

kommen elastische Flüssigkeit versetzt, und von andern eben so elastischen dichten Körpern umgeben ist, so werden sich die Vibrationen dieser Glocke, wenn man an dieselbe schlägt und sie zu vibriren beginnt, vermittelst der wellenförmigen Bewegungen oder Pulsationen, welche sie in der elastischen Flüssigkeit verursachen, auch auf andere dichte und elastische Körper erstrecken, von welchen sie umgeben ist.

Wenn nun diese dichten Körper ohnehin schon vibrirten, und zwar mit eben der Geschwindigkeit, wie die Vibrationen, welche der Schlag an die Glocke verursacht, so würden sich die wellenförmigen Bewegungen, welche vermittelst der gedachten Glocke in der elastischen Flüssigkeit bewirkt werden, in Ansehung der Geschwindigkeit, oder der Menge der in den benachbarten Körpern verursachten Vibrationen, weder vermehren noch vermindern, so wie hinwiederum die vermittelst der Vibrationen dieser Körper verursachten wellenförmigen Bewegungen, ebenfalls nicht das geringste dazu beitragen würden, die Vibrationen der Glocke zu beschleunigen oder zu verzögern. Wenn hingegen die Vibrationen dieser letztern stärker und häufiger wären, als die der benachbarten Körper, so würden die dadurch in der elastischen Flüssigkeit verursachten wellenförmigen Bewegungen un-

fehlbar dazu beitragen, daß die Vibrationen dieser Körper an Geschwindigkeit zunähmen, so wie hingegen auf der andern Seite die durch die langsamern Vibrationen der benachbarten Körper verursachten Bewegungen jene der Glocke verzögern würden, und sowohl diese letztern als auch die in der Nähe derselben befindlichen Körper, würden ununterbrochen so lange auf einander wirken, bis die Vibrationen der einen, vermöge dieser gegenseitigen Wirkung, allmählig beschleunigt, und die Vibrationen der andern in eben dem Verhältnisse verzögert würden, so daß sie zuletzt sammt und sonders einerlei Ton annehmen müßten.

Nun wollen wir einmal annehmen, die Wärme bestehe bloß aus den Bewegungen, die in den Bestandtheilen eines Körpers vorgehen (eine uralte Hypothese, die mir von jeher sehr wahrscheinlich vorgekommen ist). Denken wir uns an die Stelle der Glocke einen warmen Körper, so werden während der Erkaltung desselben mehrere auf einander folgende Wirkungen und Gegenwirkungen statt finden, die genau so beschaffen sind wie die, welche wir so eben beschrieben haben.

Die schnell auf einander folgenden wellenförmi-

gen Bewegungen, welche sodann vermittelst der schnellen Vibrationen des warmen Körpers in der ihn umgebenden ätherischen Flüssigkeit entstehen, werden nunmehr auf die in der Nähe desselben befindlichen kältern Körper als warmmachende Strahlen wirken, so wie hingegen die langsamern wellenförmigen Bewegungen, welche durch die Vibrationen dieser kältern Körper hervorgebracht werden, ihre Wirkungen auf den warmen Körper als kaltmachende Strahlen äußern. Diese gegenseitigen Wirkungen werden, mit immer mehr abnehmender Intensität so lange fortdauern, bis endlich der warme Körper, und die denselben umgebenden kältern Körper, vermöge dieser gegenseitigen Wirkungen einerlei Temperatur erlangen, oder bis ihre Vibrationen isochronisch geworden sind.

Zufolge dieser Hypothese hat man eben so wenig Ursache, die Kälte für die Abwesenheit der Wärme zu halten, als ein tiefer oder grober Ton von der Abwesenheit eines hellern zeigt; auch liegt gar nichts Absurdes darin, wenn man Strahlen annimmt, welche die Kälte hervorbringen, und in den Begriffen wird dadurch nicht die mindeste Verwirrung verursacht.

Beim ersten Blicke hat es freilich das Ansehen, als wenn sich die Begriffe von Dichtheit, Härte und Elasticität, nicht leicht mit den Bewegungen vereinbaren ließen, die, unserer Voraussetzung zufolge, unaufhörlich in den Bestandtheilen aller Körper Statt finden; bei ruhigerm Nachdenken wird man aber finden, daß diese Hypothese, anstatt der Bildung klarer und deutlicher Begriffe, in Betreff der Ursachen, wovon jene Eigenschaften der Körper eigentlich abhängen, hinderlich zu seyn, dergleichen Untersuchungen vielmehr erleichtern.

Wenn wir alle und jede Operationen der Natur nach Maaßgabe der Ursachen beurtheilen, wovon wir uns klare und deutliche Begriffe machen können, so werden wir dadurch zuverlässig auf die Schlußfolge geleitet werden, daß die Kraft der leblosen Materie (vielleicht auch jene der lebenden Wesen), d. i. ihr Vermögen, auf eine andere Materie zu wirken und sie in Bewegung zu setzen, oder ihrer Impulsion zu widerstehen, von ihrer Bewegung abhängt.

Wenn folglich die dichten oder flüssigen Körper irgend eine Art von Kraft besitzen, andere Körper fortzustoßen oder ihnen Widerstand zu leisten, so

scheint es mir auf jedem Fall vernünftiger zu seyn, wenn man dieselbe den in ihrem Innern verborgenen immer regsamen Kräften, den Bewegungen, welche unaufhörlich in ihren Bestandtheilen vorgehen, zuschreibt, als wenn man den Grund hievon in ihrem Mangel an Kraft sucht, oder in ihrem ganz gleichgültigen Verhalten gegen Bewegung und Ruhe.

Gegen dieses System in Betreff einer im Innern der Körper unaufhörlich fortdauernden Bewegung, läßt sich keineswegs der Einwurf machen, als wenn bei so bewandten Umständen die Theilchen der Körper nicht genugsamen Spielraum hätten; denn, wir haben hinlängliche Ursache zu vermuthen, daß, wenn es auch wirklich, (was noch immer sehr zu bezweifeln ist), dichte unzertheilbare Partikeln giebt, diese Partikeln nach Verhältniß des Raums, welchen sie einnehmen, so klein seyn müssen, daß zwischen ihnen für alle mögliche Arten von Bewegungen hinlänglicher Platz ist.

Wie aber auch übrigens das Wesen, oder die Geschwindigkeit und die Richtung dieser Bewegungen beschaffen seyn mögen, so können sie denn doch, so lange nicht die Theilchen, welche einen dichten Körper ausmachen, einander verlassen und sich von den

verschiedenen Systemen, zu welchen sie gehören (und mit welchen sie nach den allgemeinen Gesetzen der Schwere unzertrennlich vereinbart sind,) ganz absondern, um in den unermeßlichen leeren Raum zu entweichen, wodurch jedes der gedachten Systeme ihre Begränzung erhält, (ein Fall, der, so lange die uns bekannten Gesetze der Natur bestehen, unmöglich eintreten kann), so können sage ich, diese Bewegungen denn doch in den Partikeln eines Körpers nicht die mindeste Veränderung bewirken, sowohl was die Form, als auch das äußere Ansehen dieses Körpers betrifft.

Wenn nun aber die Bewegungen der Bestandtheile eines dichten Körpers nach Maaßgabe der Wirkungen, oder der Strahlungen anderer benachbarten oder entfernten Körper, vermehrt oder vermindert werden, so kann eine solche Naturerscheinung schlechterdings nicht statt finden, ohne in dem gedachten Körper eine sichtbare Veränderung hervor zu bringen.

Wenn die Bewegungen unter den Theilchen eines Körpers vermindert werden, so läßt sich vernünftiger Weise hieraus schließen, daß die Entfernungen (elongations) der Partikeln kleiner wer-

den, und daß folglich der ganze Körper an seinem Volumen verliert.

Wenn aber die Bewegung dieser Theilchen vermehrt würde, so könnten wir hieraus a priori schließen, daß das Volumen des Körpers mehr ausgedehnt werden würde.

Es fehlt uns zwar an hinlänglichen Angaben, um uns von der Beschaffenheit der Veränderung, die mit einem dichten Körper, der geschmolzen wird, vorgeht, klare und deutliche Begriffe zu machen; da jedoch das Schmelzen eine Wirkung der Hitze, d. i. eine (von außen hinzukommende) Verstärkung der nämlichen Wirkung ist, von welcher die Ausdehnung herrührt, so folgt, daß, wenn diese Wirkung von einer Vermehrung der im Innern dieses Körpers vorgegangenen Bewegungen veranlaßt wird, diese nämliche Vermehrung zugleich auch die Form dieses Körpers verändert und ihn aus einem dichten in einen flüssigen verwandelt haben müsse.

Während der Zeit und gerade so lange, als die Partikeln, welche einen festen Körper ausmachen und sich auf dessen Oberfläche befinden, in ihren Bewegungen einander nicht wechselseitig über-

treffen, muß dieser Körper natürlicher Weise seine Form beibehalten, diese Vibrationen mögen übrigens so schnell seyn, als sie nur immer wollen; wenn aber diese Bewegung dergestalt zunimmt, daß die gedachten Theilchen nicht mehr in ihren Gränzen bleiben können, dann wird die regelmäßige Vertheilung, welche sie während der Kryſtallisirung angenommen haben, nach und nach zerstört, die kleinen Theilchen, welche sonach von der dichten Masse losgerissen werden, bilden neue von einander unabhängige Systeme und aus der ganzen Masse entsteht eine Flüssigkeit.

Die Figuren, welche die Theilchen einer Flüssigkeit in ihrem Kreislaufe beschreiben, mögen beschaffen seyn wie sie nur wollen, so bleiben doch die mittleren Entfernungen dieser Partikeln so ziemlich dieselben, wie damals, als sie noch ein Ganzes ausmachten. Dies läßt sich aus der unbedeutenden Veränderung schließen, die in der specifischen Schwere eines flüssig gewordenen Körpers, der zuvor ein fester Körper war, vorgeht; und wenn man voraussetzt, daß ihre Bewegungen denselben Gesetzen unterworfen sind, nach welchen sich das Sonnensystem richten muß, so folgt, daß die additionelle Bewegung, welche sie annehmen mußten, um in flüssiger

Gestalt zu erscheinen, schlechterdings nicht verloren gehen kann, sondern fortdauernd bei dieser Flüssigkeit bleiben und wieder zum Vorschein kommen muß, so bald die Flüssigkeit ihre Form verändert und wieder hart wird.

Es ist bekannt, daß eine gewisse Quantität Wärme dazu erforderlich ist, einen harten Körper zu schmelzen, und daß diese Quantität verschwindet, oder vielmehr versteckter Weise bei der entstandenen Flüssigkeit verbleibt und nachher, wenn die Flüssigkeit gerinnt, wieder zum Vorschein kömmt.

Bevor ich mich jedoch in diese abstrakten Betrachtungen noch tiefer hinein wage, will ich zuförderst einen Versuch machen, einige Folgerungen aufzusuchen, welche nothwendig aus den Strahlungen warmer und kalter Körper entstehen müssen, wenn man voraussetzt, daß diese Strahlungen wirklich existiren und gewissen Gesetzen unterworfen sind.

Fürs erste ist es entschiedene Wahrheit, daß sich die Intensität der Strahlen, die ein glänzender Körper in ein vollkommen transparentes Mittel abschickt, sich zu diesem Punkte gerade umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen verhält.

Und

Und wenn man (was mir vollkommen erwiesen zu seyn scheint) voraussetzt, daß die Intensität der kaltmachenden oder warmmachenden Strahlen, welche die Körper in ein vollkommen transparentes Mittel senden, demselben Naturgesetze unterworfen ist, so können wir hiernach bestimmen, welche Wirkungen unumgänglich aus dem größern oder mindern Raume, oder aus dem geringen Umfange eines beschränkten Raums (zum Beispiel, eines Zimmers) entspringen müssen, in welchem man einen warmen Körper erkalten läßt.

Um die Sache noch deutlicher zu machen, wollen wir annehmen, dieser beschränkte Raum sey eine hohle Kugel von Eis, welche neun Schuh im Durchmesser hat und deren Temperatur dem schmelzenden Eise gleich kömmt, und der warme Körper sey eine massive Metallkugel von zwei Zoll im Durchmesser, deren Temperatur dem Kochpunkte gleich kömmt und die über dem Mittelpunkte der Eiskugel hängt. Ferner wollen wir annehmen, letztere sey luftleer und das Kaltwerden des warmen Körpers werde ausschließlich durch die kaltmachenden Strahlen des Eises bewirkt.

Jetzt kömmt es darauf an, zu bestimmen, wie die Erkaltung von statten gehen würde, je nachdem

man den Durchmesser der Eiskugel vergrößert. Nehmen wir an er werde dupplirt, so wird die innere Fläche des Eises quadrupplirt seyn, und die Quantität der kaltmachenden Strahlen, welche durch die auf eben erwähnte Art vergrößerte Fläche ausgesandt werden, wird sich nach dem Verhältnisse der Fläche richten und sich gegen das der vorhergehenden Fläche wie 4 zu 1 verhalten.

Da sich nun aber die verhältnißmäßigen Intensitäten dieser Strahlen zu dem gemeinschaftlichen Mittelpunkte der beiden Kugeln, wo der warme Körper befindlich ist, gerade umgekehrt wie die Quadrate der Distanzen der strahlenden Punkte verhalten, so muß sich die Intensität der Strahlung der inneren Kugel auf das Centrum zur Strahlung der äußern Kugel auf dies nämliche Centrum ebenfalls wie 4 zu 1 verhalten.

Da nun die Dauer der Erkaltung eines warmen Körpers von der Quantität der kaltmachenden Strahlen abhängt, die dessen Oberfläche berühren, und zugleich auch von der Intensität ihrer Wirkung, so ersiehet man hieraus, daß in beiden Fällen eine Ausgleichung Statt findet, und daß ein warmer Körper, der im Centrum einer hohlen Kugel enthal-

ten ist, und dessen Temperatur, wie sie auch im übrigen beschaffen seyn möge, verhältnißmäßig immer niedriger als die des warmen Körpers ist, allemal in derselben Zeit erkalten muß, wie auch übrigens die Größe der Kugel beschaffen seyn möge.

Wenn diese Schlußfolge richtig ist, (und ich habe keinen Grund sie für unrichtig zu halten) so folgt daß ein warmer Körper immer in einerlei Zeit erkalten wird, er befinde sich in welchem Theile der Kugel es seyn möge; und da weder der Umfang des Raums, noch die Situation des Körpers in diesem eingeschlossenen Raume, auf jene Erkaltung Einfluß hat, so muß auch weder die Form dieses hohlen Raums, noch die Gegenwart anderer dichten Körper, in diesem Betracht Einfluß haben, gleichviel übrigens, ob die Anzahl derselben groß oder klein ist, wenn sie nur ununterbrochen in gleicher Temperatur bleiben.

Wenn man aber einen oder den anderen jener Körper, deren Temperatur während des Experiments durch die Wirkung der warmmachenden Strahlen, welche der warme Körper von sich giebt, merklich erhöht werden kann, sehr nahe bei diesem Körper stellt, so wird dadurch das Kaltwerden des warmen

Körpers verzögert, weil die Strahlen, die von diesem benachbarten und auf die eben erwähnte Art erwärmten Körper herrühren, weniger kältend sind als die, welche von anderen weiter entfernten Körpern herrühren und von jenem aufgefangen werden.

Die Resultate aller und jeder Experimente, die ich in Betreff des Kaltwerdens der Körper veranstaltete, kommen darin überein, diese theoretischen Schlußsätze zu bestätigen.

Wenn man annimmt, daß das Kaltwerden eines Körpers ausschließlich als eine Wirkung der Strahlen zu betrachten ist, die von kälteren Körpern herrühren, und daß diese Strahlen, auf eben die Art wie die Lichtstrahlen, von den glatten Oberflächen der Spiegel und Glaslinsen, nach gewissen Naturgesetzen abprallen, sich brechen, oder concentriren, so könnte man vielleicht auf den Gedanken kommen, als wenn das Erkalten eines warmen Körpers beschleunigt oder verzögert würde, wenn man diesem Körper eine besondere Form gäbe, oder in der Nähe desselben zwei, oder auch wohl mehrere fein polirte Spiegel, welche das Abprallen der Strahlen beförderten, in verschiedenen Richtungen anbrächte.

Da diese Vermuthungen, wenn sie Bestätigung erhielten, Experimente veranlassen würden, woraus man den Grund oder Ungrund der gedachten Hypothese ersehen könnte, so verlohnt es sich allerdings der Mühe, diesen wichtigen Gegenstand näher zu untersuchen. Ich bitte daher die Versammlung nochmals um Erlaubniß ihn mit derjenigen Aufmerksamkeit zu erörtern, die er meines Erachtens verdient.

Wenn man verschiedene dichte Körper, die bis zu einerlei Temperatur erwärmt sind, in freier Luft wieder kalt werden läßt, so wird man finden, daß jene, die, nach dem Gefühl zu urtheilen, die meiste Hitze enthalten, diejenigen nicht sind, welche am geschwindesten kalt werden, oder die meisten warmmachenden Strahlen in die Luft schicken.

Da die polirten Metalle einen großen Theil der Strahlen, die von anderen Körpern herrühren, abprallen lassen, und von den Strahlen, welche sie zurückwerfen, weder warm noch kalt gemacht werden, so werden ihre Temperaturen durch die Wirkung der Körper, deren Temperatur von der ihrigen verschieden ist, nur langsam verändert.

Wenn man einen polirten und warmen metalli-

schen Körper an der freien Luft kalt werden läßt und derselbe von anderen Körpern umgeben ist, die mit dieser Flüssigkeit in einerlei Temperatur stehen, so liegt klar am Tage, daß aus der Oberfläche dieses Körpers zweierlei Arten von Strahlen entstehen, nämlich die warmmachenden Strahlen, die er selbst abschickt, und die anderen Strahlen, (die in Hinsicht der umgebenden Körper weder warmmachende noch kaltmachende sind) welche er abprallen läßt.

Man könnte zwar, dem ersten Anscheine nach, glauben, daß, da die Strahlen, welche aus dem warmen metallischen Körper hervorkommen, von zweierlei Art sind, die Wirksamkeit der warmmachenden Strahlen, die dem warmen Körper eigenthümlich zugehören, durch die anderen abgeprallten Strahlen, mit welchen sie vergesellschaftet und so zu sagen vermischt sind, vermindert werden könne; wenn man aber die Sache genauer untersucht, so wird man finden, daß dieses nicht seyn kann; so lange nämlich die denselben umgebenden Körper in einerlei Temperatur bleiben. Wenn diese sich abändert, so werden jene nur von denjenigen abgeprallten Strahlen afficirt werden, deren Temperatur von der Temperatur des Körpers, von welchem der Strahl herrührt, verschieden ist; aber, wie ich schon gesagt

habe, die Wirkungen der Strahlen, welche der warme Körper von sich giebt, oder ihre Kraft, die Temperaturen der Körper zu afficiren, welche wärmer oder kälter sind, als sie selbst, werden immer die nämlichen bleiben.

Die Ursache, warum sich in ihren Wirkungen keine größere Kraft äußert, liegt keineswegs darin, daß selbige mit anderen abgeprallten Strahlen vermengt sind, sondern rührt bloß von dem Umstande her, daß die Anzahl derselben zu klein ist, da der größte Theil der Strahlen, welche der warme Körper wirklich von sich giebt, vermittelst der reflektirenden Oberfläche, von welcher er unmittelbar umgeben ist, auf ihn selbst zurückprallt.

Die entscheidendsten Experimente haben dargethan, daß sich die wirkliche Oberfläche, von welcher die Lichtstrahlen eigentlich abprallen, außerhalb der dichten wirklichen Oberfläche des Körpers und in einiger Entfernung von derselben befindet; überdies finden zwischen den Lichtstrahlen und jenen unsichtbaren Strahlen, welche alle Körper, und zwar unter allen Temperaturen, von sich geben, so mancherlei Analogien Statt, daß es beinahe nicht möglich

ist, die Aehnlichkeit der Naturgesetze, nach welchen sich ihre Bewegungen richten, in Zweifel zu ziehen.

Es kann seyn, daß zwischen diesen beiden Arten der Strahlungen überhaupt kein anderer Unterschied Statt findet, als zwischen den Vibrationen der Luft, die unser Auge wirklich empfindet, und jenen, die auf unsere Gehörwerkzeuge keinen merklichen Eindruck machen.

Wenn das Ohr auf eine solche Art eingerichtet wäre, daß wir alle Bewegungen, die in der Luft vorgehen, deutlich vernehmen könnten, so würden wir von diesem Getöse unfehlbar betäubt werden; und wenn unsere Augen von solcher Beschaffenheit wären, daß wir die Strahlen, welche die Körper, von welchen wir umgeben sind, sowohl bei Tag als bei Nacht von sich schießen, sammt und sonders erblicken könnten, so würden uns diese unerträglichen Lichtströme ganz blind und verwirrt machen.

In der Voraussetzung, daß diese unsichtbaren Strahlungen wirklich existiren, wollen wir einen Versuch machen, die Wirkungen zu erforschen, welche sie nothwendig hervorbringen müssen. Vielleicht ist dies der Weg, die Ursachen einiger Erscheinungen

zu entdecken, die noch zur Zeit nicht genugsam erklärt sind.

Wir wollen einmal annehmen, daß zwei Hohlspiegel von polirtem Metalle, deren jeder achtzehn Zoll im Durchmesser und einen Brennpunkt von achtzehn Zoll hätte, in einer Entfernung von zehen Fuß, einander gegenüber gestellt würden, und zwar in einem großen Zimmer, wo weder die Luft, noch die Wände ihre Temperatur verändern.

Wenn wir voraussetzen, daß der Fußboden, die Decke, die Wände und die Queerhölzer, überall mit Eis überzogen sind, dessen Temperatur dem Gefrierpunkte gleichkömmt, so können wir uns leicht vorstellen, daß die Temperatur eines solchen Zimmers immer dieselbe bleiben wird, wenn sich auch gleich warme Körper darin befinden, die in der Absicht hineingeschafft wurden, Experimente damit anzustellen.

Jetzt wollen wir annehmen, daß der eine Spiegel bis zum Gefrierpunkte kalt, der andere aber bis zum Kochpunkte warm sey, und nun wollen wir einmal sehen, wie sie vermittelst ihrer Strahlungen auf einander wirken werden.

Fürs erste ist gar nicht zu zweifeln, daß der warme Spiegel kalt werden wird, da nicht nur die kaltmachenden Strahlen auf ihn wirken, die aus dem kalten Metall hervorkommen, woraus der gegenüber befindliche Spiegel besteht, sondern zugleich auch jene kaltmachende Strahlen, die aus den Wänden des Zimmers kommen, die auf der polirten Oberfläche des kalten Spiegels anprallen und von derselben auf jene des warmen Spiegels geworfen werden.

Da aber die Quantität der Strahlen, welche der kalte Spiegel abprallen läßt, in eben dem Verhältnisse größer ist, je besser die Oberfläche, von welcher sie abprallen, ihrem Zweck entspricht, und da hingegen die Quantität der Strahlen, welche der kalte Spiegel abschickt, verhältnißmäßig kleiner ist, je größer die Vollkommenheit ist, welche die Oberfläche besitzt, von welcher sie zurückgeworfen werden, so ist es höchst wahrscheinlich, daß die ganze Quantität der Strahlen (sowohl der abgeschickten, als der abgeprallten) die von dem kalten Spiegel kommen und den warmen Spiegel berühren, immer dieselbe bleibt, so vollkommen auch übrigens die Politur und die Reflektionskraft des kalten Spiegels seyn mag. Wenn dies gegründet ist, so können wir hieraus folgern, daß das Daseyn

des kalten Spiegels auf den warmen Spiegel gar nicht wirkt; d. i. daß er das Erkalten desselben eben nicht mehr beschleunigt, als jeder andere Körper von derselben Form und demselben Umfange, der an dem nämlichen Platze stünde.

Man könnte vielleicht glauben, daß der kalte Spiegel, vermöge seiner Form, die Strahlen, welche er sowohl abschickt als abprallen läßt, concentriren, und durch die Wirkung dieser Concentration viel stärker auf den gegenüber befindlichen Spiegel wirken müsse, als wenn die Oberfläche desselben platt wäre oder sonst eine andere Form hätte; wenn man aber die Sache genauer untersucht, so wird man wahrnehmen, daß es gar keine solche Concentration giebt; denn, was die Strahlen betrifft, welche der kalte Körper abschickt, so kommen diese aus allen Punkten seiner Oberfläche hervor, und gehen in allen Richtungen ab, so daß sie unmöglich concentrirt werden können; und eben so gewiß ist es auch, daß sich jene, welche zurückgeworfen werden, nicht concentriren lassen; denn im Fall dies bewirkt werden könnte, müßten sie in paralleler Richtung und in der Direktion seiner Achse auf die Oberfläche des Spiegels gelangen, welches unter den angezeigten Umständen schlechterdings nicht möglich ist.

Hieraus wird man ersehen, daß das Daseyn des kalten Spiegels ganz und gar nichts dazu beiträgt, das Erkalten des warmen Spiegels zu beschleunigen oder zu verzögern; es müßte denn seyn, daß die Temperatur desselben durch die warmmachenden Strahlen des warmen Spiegels erhöhet würde. Wenn diese Wirkung Statt hätte, so würde sie dazu beitragen, das Erkalten des warmen Spiegels zu verzögern; aber wenn auch das wirklich der Fall wäre, so würde der Spiegel dasselbe eben nicht länger verzögern können, als jeder andere metallische Körper, wie er auch übrigens der Form nach beschaffen seyn möchte, wenn sonst nur seine Oberfläche in Hinsicht des warmen Spiegels von gleicher Beschaffenheit wäre, und er in eben der Entfernung von ihm abstünde.

Vermittelst dieser nämlichen Schlußfolge läßt sich beweisen, daß die Form des warmen Körpers, nämlich die eines Hohlspiegels, zu der warmmachenden Wirkung, auf den kalten Spiegel ganz und gar nichts beiträgt, und daß er selbst, wegen seiner besondern Form, in dieser Hinsicht weder früher noch später erkalten wird.

Nun wollen wir einmal annehmen, die beiden

Spiegel hätten genau einerlei Temperatur, welche zugleich die Temperatur des Zimmers wäre (nämlich unter dem Gefrierpunkte), und es würde eine kleine Kugel, oder sonst ein kleiner runder Körper in den Brennpunkt des einen Spiegels gebracht, welchen wir A. nennen wollen.

Da nun die Strahlen, welche dieser warme Körper von sich giebt, in gerader Linie und in allen Richtungen, (so wie die Lichtstrahlen welche ein leuchtender Körper von sich wirft) fortschießen, so müssen bekanntlich alle die, welche auf die hohle Seite des Spiegels A. fallen, dort abprallen, und zwar in Gestalt eines Büschels Strahlen, die sich gegen die Achse des Spiegels beinahe wie Parallellinien verhalten und so auf die hohle Fläche des gegenüber befindlichen Spiegels B. fallen, wo sie abprallen und in dessen Brennpunkte concentrirt werden.

Bringt man unter diesen Brennpunkt ein Thermometer das sehr empfindlich ist, und wie die Temperatur des Zimmers, auf dem Gefrierpunkte steht, so wird dasselbe durch die Wirkung der warmmachenden Strahlen, die auf die eben erwähnte Art abprallten und sich in dem Brennpunkte des Spiegels B. sammelten, erwärmt werden.

Wenn man hingegen das Thermometer, anstatt es in den Brennpunkt des zweiten Spiegels zu stellen, ein wenig seitwärts davon entfernt, so wird das Instrument von den Strahlen die aus dem warmen Körper kommen, nicht merklich afficirt werden,

Dieses Experiment, welches schon in ältern Zeiten bekannt war, ist zum öftern wiederholt worden, und immer mit demselben Erfolg.

Jetzt wollen wir annehmen, der warme Körper sey aus dem Brennpunkte des Spiegels A. weggethan worden, und man habe demselben einen kalten Körper substituirt, z. B. einen solchen, dessen Temperatur jener des schmelzenden Eises, d. i. der Temperatur des gedachten Zimmers gleichkam.

Da nun die gegenseitige Strahlung des in derselben Temperatur stehenden Körpers, auf jene Körper weder einen warmmachenden noch kaltmachenden Einfluß hat, so wird die Concentrirung der Strahlen, die aus dem kalten Körper kommen, der sich im Brennpunkte des Spiegels A. befindet, auf das Thermometer, welches man in den Brennpunkt B. gebracht hat, und das in derselben Temperatur steht, nicht wirken können.

Wenn die Wärme eine vibrirende Bewegung ist, die in den Bestandtheilen eines Körpers vorgeht, und wenn die Strahlen, welche die erwärmten Körper in allen Richtungen von sich geben, wellenförmige Bewegungen in einer elastischen ätherischen Flüssigkeit sind, in welche sie gleichsam eingetaucht werden — wellenförmige Bewegungen, die aus den Vibrationen der Körper entstehen — so müssen die Pulsationen dieser Flüssigkeit, sich zu denen, welche dieselben veranlassen, isochronisch verhalten, und sie können die Vibrationen anderer Körper, deren Oberfläche sie berühren, schlechterdings nicht beschleunigen oder verzögern, wenn die wirklichen Vibrationen der Partikeln woraus die Körper bestehen, sich zu den Partikeln des Körpers, von welchem jene wellenförmigen Bewegungen ausfließen, isochronisch verhalten. Doch wir wollen nun wieder zu unserm Experimente zurückkehren.

Nehmen wir nun anstatt des Körpers, dessen Temperatur der des schmelzenden Eises gleichkömmt, einen viel kältern Körper, in der Temperatur, wo das Queckfilber gefriert, und bringen denselben in den Brennpuukt des Spiegels A; zu gleicher Zeit wollen wir ein Thermometer, dessen Temperatur dem Gefrierpunkte gleichkömmt, in den Brennpunkt des Spiegels B stellen. — Was wird der Erfolg seyn?

Das Thermometer wird fallen, da es vermittelst der Concentration der kaltmachenden Strahlen, die von dem äußerst kalten Körper, welchen man in den Brennpunkt des Spiegels A gebracht hat, erkalten muß.

Gerade so ereignete sich derselbe Fall während des berühmten Experiments, das von meinem scharfsinnigen Freunde, dem Professor Pictet in Genf, veranstaltet wurde.

Man hat zwar verschiedene Versuche gemacht, um das Resultat dieses Experiments zu erklären; und zwar in der Voraussetzung, das materielle oder wirkliche Daseyn des Wärmestoffs zu beweisen und darzuthun, daß die strahlende Wärme diese nämliche Substanz sey, die von den warmen Körpern in gerader Linie und nach allen möglichen Richtungen ausgelassen und fortgeschickt werde. Ich muß aber gestehen, daß mich keine einzige von allen diesen Erklärungen befriedigt hat.

Eine der Beifallswürdigsten ist die, nach welcher man voraussetzt, daß der Wärmestoff unaufhörlich von allen Körpern, in jeder Temperatur fortgeschickt werde, und zwar in Gestalt der strahlenden

Wär-

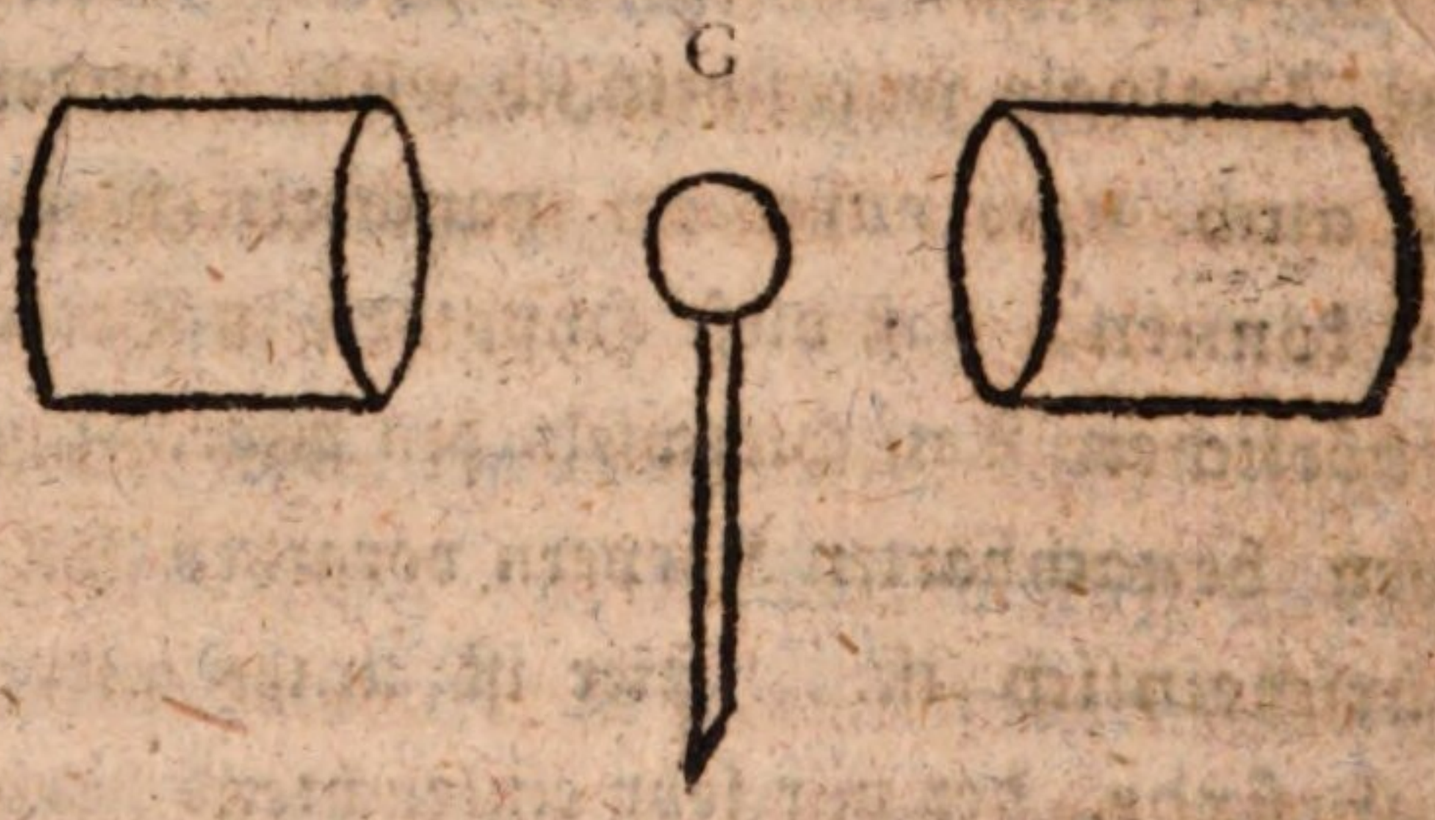
Wärme, nur von warmen Körpern in größerer Menge, als von denen die weniger warm sind, so daß ein Körper zu eben der Zeit, wo er den Wärmestoff von allen Seiten abschickt, hinwiederum eben so viel von den ihn umgebenden Körpern empfängt. Wenn ein Körper während dieses wechselseitigen Tauschwechsels, mehr davon abgiebt als er empfängt, so verliert er, oder, welches eben so viel sagen will, er erkaltet; im entgegengesetzten Fall wird er warm; wenn während des Tausches so viel gewonnen als verloren wird, bleibt sich die Temperatur gleich.

Allein, es ist nicht nur schwer zu begreifen, wie und auf welche Art ein und derselbe Körper eine und dieselbe Substanz auf der einen Seite annehmen und behalten, auf der andern aber sich ihrer zu eben der Zeit entledigen und sie fortschaffen kann (eine Operation die nicht nur ganz unbegreiflich, sondern auch allem Ansehen nach unmöglich ist, und durch keine einzige Analogie wahrscheinlich wird), sondern man würde auch noch außerdem mancherlei Gründe anführen können, daß diese Hypothese in Betreff eines unaufhörlichen Tauschwechsels des Wärmestoffs, der zwischen benachbarten Körpern vorgehen soll, höchst unwahrscheinlich ist. Hier ist unter andern einer dieser Gründe, der mir sehr einleuchtend scheint, und

sich mit den Resultaten der Experimente schlechterdings nicht vereinbaren läßt.

Da der Punkt, worauf es hier ankömmt, in Bezug auf das Lehrsystem, welches man in Betreff der Wärme angenommen hat, von überaus großer Wichtigkeit zu seyn scheint, so will ich denselben mit aller möglichen Aufmerksamkeit untersuchen, und, um die erwähnte Hypothese (den ununterbrochenen Tauschwechsel des Wärmestoffs betreffend) auf die Probe zu stellen, vor allen Dingen ausmitteln, ob dieselbe hinreichend ist, die Phänomene zu erklären, welche wir bei einigen der vorhergehenden Experimente wahrnahmen. Damit diese Untersuchung desto besser von statten gehe, werde ich mich hierbei folgender Figuren bedienen.

Fig. 6.



Die einander entgegengesetzten Extremitäten der beiden Cylinder A und B, bezeichnen die beiden senkrechten Metallflächen oder Scheiben der cylinderförmigen Gefäße, welche man zu gleicher Zeit und in gleich weiter Entfernung, während des Experiments No. 23. an die Kugel C des Thermoskops brachte.

Während dieses Experiments stand die Temperatur der Scheibe A, nach dem Reaumurschen Thermometer *) auf Null (dem Gefrierpunkte) und die Temperatur der Scheibe B auf 40 Gr. Reaumur; da hingegen die Temperatur der Kugel C und aller benachbarten Körper nur 20 Gr. Reaumur hatte. Mittlerweile, und während der gleichzeitigen Wirkung der beiden Körper, wovon der eine warm und der andere kalt war, blieb die Temperatur des Thermoskops unverändert.

Um dieses Resultat, in Hinsicht auf die gedachte Hypothese zu erklären, müssen wir gleich Anfangs voraussetzen, daß die Kugel des Thermoskops

*) Ich beziehe mich, um die Temperaturen zu bestimmen, bloß deswegen auf das Reaumursche Thermometer, weil solches in Frankreich mehr bekannt ist, als das Fahrenheitsche.

den strahlenden Wärmestoff in allen möglichen Richtungen von sich giebt, und hinwiederum eben so viel von den sie umgebenden Körpern empfängt.

Was die eben erwähnten Körper betrifft, so werden sie, nur die beiden Scheiben A und B ausgenommen, die mit der Kugel des Thermoskops in gleicher Temperatur (zu 20 Grad) stehen, dieser letztern gerade so viel strahlenden Wärmestoff mittheilen, als sie von denselben empfangen, und durch diesen Tauschwechsel mußte das Gleichgewicht nicht im mindesten gestört werden.

Da jedoch die Scheibe A kälter ist, als die Kugel, so wird sie derselben weniger Wärmestoff zurückgeben, als sie von ihr erhält; mithin würde sie bei diesem Tauschwechsel verlieren und kalt werden, wenn ihr die Scheibe B keinen Ersatz gewährte. Hieraus läßt sich in Ansehung dieser letztern der Schluß machen, daß, da sie wärmer als das Thermoskop ist, sie demselben mehr Wärmestoff mittheilen muß, als sie von ihm empfängt, und folglich das Instrument wenn die Scheibe A nicht zugegen wäre, warm werden würde.

Da nun die Temperatur der Thermoskopkugel

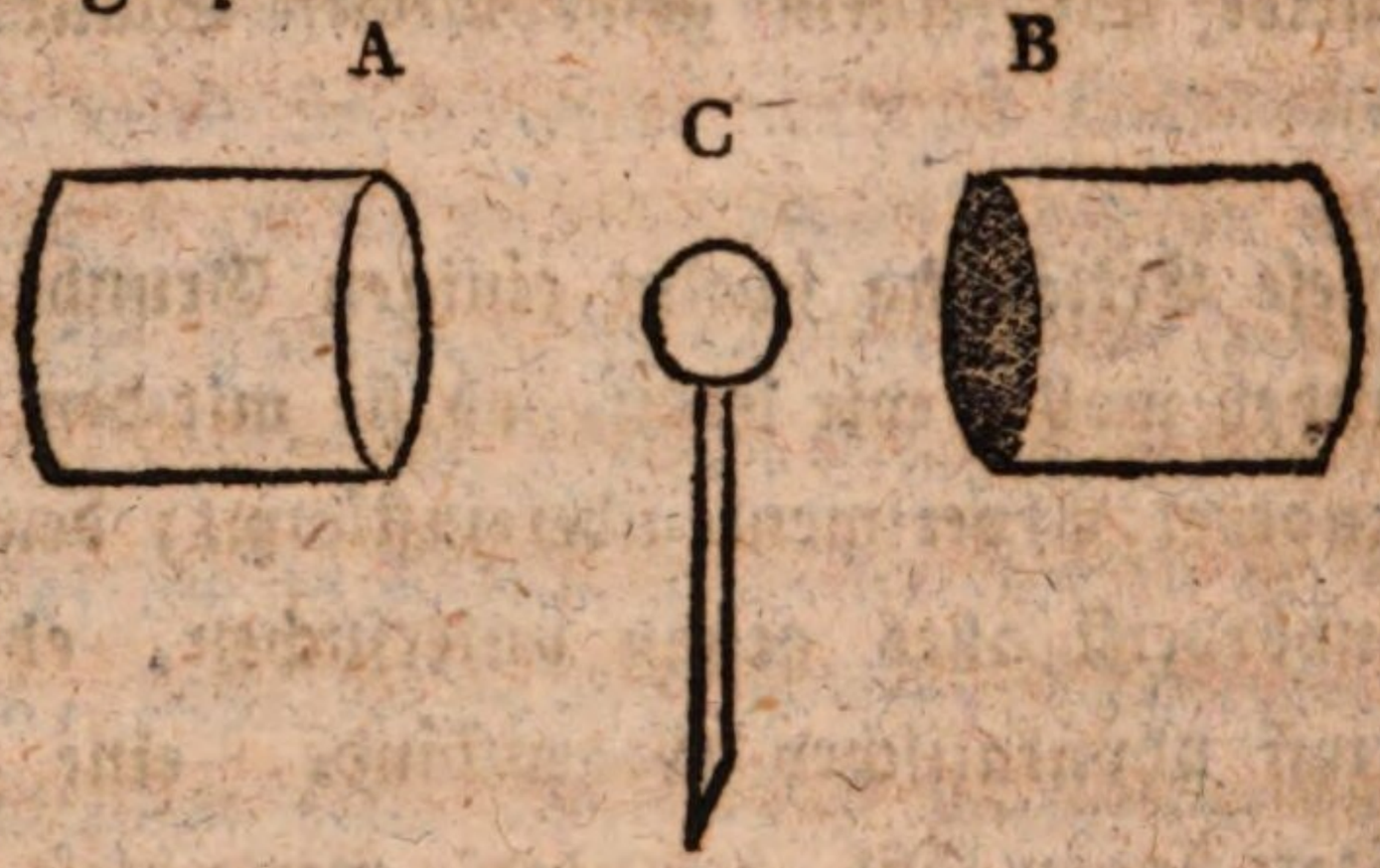
als die mittlere Zahl zwischen der Temperatur der Scheibe A = 0, und jener der Scheibe B = 40 Grad zu betrachten ist, so läßt sich vernünftiger Weise hieraus nichts anderes schließen, als daß das Thermoskop von B genau so viel Wärmestoff mehr erhält, als es ihm zuwendet, und daß es der Scheibe eben nicht mehr zufließen läßt, als es von ihm erhält. Wenn dies wirklich der Fall ist, so folgt durch diese Art von Tauschwechsel, der in Ansehung des Wärmestoffs zwischen der Kugel und den beiden Scheiben Statt findet, der ursprüngliche Fonds, welcher dem Instrument eigenthümlich zugehört, weder vermehrt noch vermindert werden kann, und daß folglich dasselbe auf seinem gewöhnlichen Standpunkte bleibt.

Diese Erklärung scheint einigen Grund zu haben; indeß wollen wir sehen, ob sie mit den Resultaten anderer Experimente übereinstimmt; denn man muß zuvörderst alles genau untersuchen, ehe man in Betreff physikalischer Gegenstände, eine Hypothese Statt finden läßt, besonders, wenn diese Hypothese in der Absicht aufgestellt wurde, ein in seiner Art einziges Experiment zu erklären, oder eine neue Thatsache ins Licht zu setzen.

Als man die Oberfläche der Scheibe B über dem

Lichtdampfe schwarz anlaufen ließ, fand sich, daß die Intensität ihrer Strahlung, in der angezeigten Temperatur (von 40 Grad Reaumur) stark vermehrt worden war; und als man sie mit dieser Schwärze überzogen, in derselben Entfernung wie in dem eben erwähnten Experimente, von neuem der Thermoskopkugel näherte, und ihr zu gleicher Zeit, und in derselben Entfernung die Scheibe A, welche bis auf 0 erkaltet war, gegenüber stellte, wurde das Thermoskop, anstatt in seiner zeitherigen Temperatur zu bleiben, nach und nach warm.

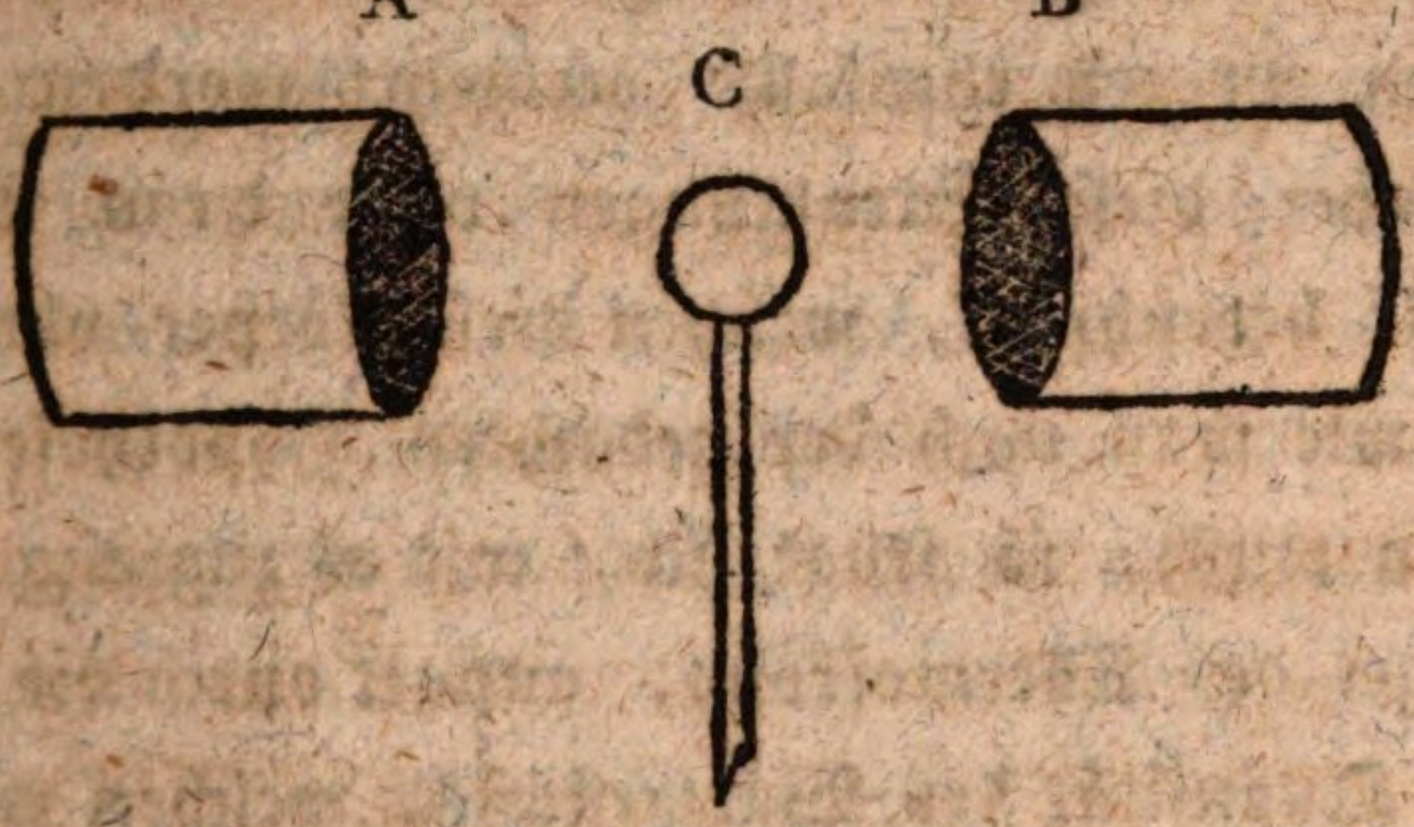
Fig. 7.



In diesem Resultate kömmt nun zwar freilich nichts vor, was nicht, nach Maaßgabe der uns bekannten Prämissen, leicht zu erklären wäre; denn da der schwarze Ueberzug die Quantität der strah-

lenden Wärme, welche die Scheibe B von sich giebt, vermehrt, so muß die Quantität, welche die Kugel davon empfängt, in eben dem Verhältniß zunehmen, und ihre Temperatur steigen. Hier folgt aber die Beschreibung eines Experiments, das sich nicht nach obigen Grundsätzen erklären läßt.

Fig. 8.



Als man die kalte Scheibe A, zugleich auch die warme Scheibe B schwarz gemacht hatte, brachte man sie von neuem, und zwar in gleich weiten Entfernungen, an die Kugel des Thermoskops, und da fand sich, daß der Zeiger des Instruments nicht von der Stelle wich.

Dieses äußerst interessante Experiment dienet zum Beweis, daß die Kugel durch den kaltmachen-

den Einfluß der kalten schwarz gemachten Scheibe eben so sehr erkaltete, als sie durch den Einfluß der warmen schwarz gemachten Scheibe erwärmt wurde.

Da man nun aus Erfahrung wußte, daß die Intensität der Strahlung der Scheibe B vermittelst des schwarzen Ueberzugs vermehrt worden war, so läßt sich hieraus nichts anderes schließen, als daß die Intensität der Strahlung der Scheibe A durch denselben Prozeß ebenfalls vermehrt worden war. Wenn aber diese Strahlungen von dem Wärmestoff herrührten, welchen diese Körper von sich geben (wie man nach der gedachten Hypothese voraussetzen muß), so fragt sich, wie es zugieng, daß die Kugel des Thermoskops, anstatt durch die additionelle Quantität des Wärmestoffs, welchen er vermöge der schwarz angelaufenen Scheibe A erhalten müßte, erwärmt zu werden, im Gegentheil erkaltete?

Die Vertheidiger der in Betreff des erwähnten Tauschwechsels angenommenen Hypothese werden hierauf vielleicht antworten, daß durch den schwarzen Ueberzug der Scheibe A ein stärkerer Ausfluß des Wärmestoffs aus der Kugel des Thermoskops bewirkt worden sey.

Ohne hier weiter auf eine nähere Erklärung der Art und Weise zu dringen, wie die Ursache, woraus jene Wirkung entstanden seyn soll, eigentlich gewirkt habe (wozu ich doch, da jedoch Voraussetzung bloß auf Willkühr beruht, allerdings berechtigt seyn würde) will ich es lediglich bei der Bemerkung bewenden lassen, daß da die Fläche der gegenüber befindlichen Scheibe ebenfalls schwarz angelaufen war, jene vorgebliche Vermehrung der Quantität des aus der Thermoskopkugel ausgegangenen Wärmestoffs, welche durch das Daseyn eines auf den an dieselbe gehaltenen Flächen befindlichen schwarzen Ueberzugs veranlaßt wurde, die Sache noch lange nicht aufklärt.

Die Resultate der beiden Experimente, deren ich so eben erwähnte, scheinen mir sehr wichtig zu seyn, und ich kann schlechterdings nicht begreifen, wie und auf welche Art sich dieselben mit den Meinungen der neuern Chemiker, in Hinsicht der Beschaffenheit der Wärme, vereinigen lassen.

In der Absicht, diese mit so großen Schwierigkeiten verbundene Untersuchung zu vereinfachen, haben wir zeither immer vorausgesetzt, daß die Ver-

schiedenheit der Temperaturen bloß von der Verschiedenheit der Zeiten abhange, in welchen die Vibrationen der Bestandtheilchen der Körper vollbracht werden; indeß ist es allerdings möglich, sogar wahrscheinlich, daß sie zugleich auch von der Behendigkeit dieser Partikeln abhängen; denn es ist leicht zu erachten, daß, je schneller die Bewegungen dieser Partikeln von statten gehen, ihre Verlängerungen in diesen Vibrationen immer größer werden, und das folglich der Umfang eines auf diese Art afficirten Körpers immer größer wird.

Es ist bekannt, daß die Pulsationen, welche in einer elastischen Flüssigkeit durch Vibrationen eines dichten elastischen Körpers verursacht werden, von diesem nämlichen Körper in allen möglichen Richtungen ausgehen, und daß sich diese Pulsationen überall, (d. i. in jeder Entfernung vom Körper) zu den Vibrationen dieses dichten Körpers isochronisch verhalten. Eben so bekannt ist es, daß die mittlere Geschwindigkeit einer flüssigen Partikel immer kleiner wird, je größer der Abstand ist, in welchem sich diese Partikel von dem Centrum entfernt, von welchem die wellenförmige Bewegung ausfließt.

Was die Pulsationen betrifft, welche durch die

Vibrationen eines tönenden Körpers in der Luft verursacht werden, so verhalten sich diese Pulsationen zu den Vibrationen dieses Körpers isochronisch, und die Zeitdauer, d. i. die Menge dieser Pulsationen bestimmt sodann die Note; die Stärke des Schalls hingegen, hängt von der Geschwindigkeit der Luftpartikeln, oder von der Fülle des tönenden Luftstroms ab, und da sich diese Geschwindigkeit eben so vermindert, wie die Entfernung des tönenden Körpers zunimmt, so wird der Schall in eben dem Verhältniß immer schwächer.

Es giebt Fälle, die uns Veranlassung geben könnten, zu vermuthen, daß die Farbe von der Menge jener Pulsationen abhänge, aus welchen das Licht bestehen soll, und daß die Wärme, welche sie hervorbringen, sich genau so verhalte, wie ihre Stärke. Wenn diese Vermuthung gegründet wäre, so würde uns diese wichtige Thatsache vielleicht in Stand setzen, verschiedene äußerst interessante Naturerscheinungen zu erklären; unter andern auch die Entzündung brennbarer Körper, und die intensive Wärme, welche durch die Friction hervorgebracht wird, und durch die Concentrirung warmmachender Strahlen.

Aus mehreren zur Genüge bekannten Experimen-

len hat man ersehen, daß die Intensität der durch die Concentrirung der Sonnenstrahlen bewirkten Wärme, nicht bloß aus der Verdichtung dieser Strahlen, sondern aus einem ungleich größern Verhältniß entspringt, und größtentheils von dem grössern oder mindern Zusammenlaufen (convergence) derselben abhängt.

Diese Sache verdient gewiß alle mögliche Aufmerksamkeit. Ich habe gar oft darüber nachgedacht, und sie hat nicht wenig dazu beigetragen, mich, was die Beschaffenheit der Wärme betrifft, auf die Meinung zu bringen, die ich in dieser Hinsicht noch jetzt unterhalte. Ich habe sie nie mit der Voraussetzung zusammenreimen können, daß die Wärme durch die Anhäufung von irgend etwas verursacht werde, das aus der Sonne ausfließt, oder aus sonst einem anderen Körper, welcher warmmachende Strahlungen von sich giebt.

Ich behalte mir es vor, meine anderweitigen Untersuchungen, die ich über diesen Gegenstand angestellt habe, in einem anderen Memoire ausführlich zu beschreiben. Dem vorliegenden, das ohnehin schon zu lang ist, will ich zum Beschluß nur noch einige Bemerkungen über die Vervollkommnung eini-

ger praktischen Anwendungen beifügen, wozu die Kenntniß der Thatsachen, welche aus obigen Experimenten hervorgehen, Veranlassung giebt.

Wenn es darum zu thun ist, daß eine Substanz, die in einem metallenen Gefäße enthalten ist, warm bleiben soll, so wird die glänzende Politur, oder vielmehr die reinlich gehaltene Außenseite des Gefäßes, zu Erreichung dieser Absicht überaus viel beitragen; will man aber, daß etwas in einem metallenen Gefäße schneller erkalte, so muß die Außenseite des Gefäßes mit einer Substanz überzogen oder bedeckt seyn, von welcher man aus Erfahrung weiß, daß sie eine Menge kaltmachender Strahlen von sich giebt.

Theekessel, die von außen polirt sind, können über einem mit Weingeiste gefüllten Lämpchen mit weit mehr Ersparniß im Kochen erhalten werden, als andere, die man mit einer Art Lack überzieht; und je reiner und sauberer die Deckel sind, welche man, damit die Speisen warm bleiben, auf die Schüsseln deckt, desto besser werden sie dem dadurch beabsichtigten Zwecke entsprechen.

Kupferne Pfannen und andere metallene Küchen-

geschirre, die man von außen rein und sauber hält, können mit ungleich weniger Feuer erwärmt werden, als wenn sie schmutzig und schwarz sind; am Boden aber sollten dergleichen Gefäße, so wie auch die Kessel, eigentlich schwarz seyn, damit dasjenige, was darin enthalten ist, leichter zu kochen anfängt, und folglich mehr Brennstoff erspart wird.

Wenn man das Kochgeschirr gewöhnlich auf Kohlenerde (houille) oder Holzkohlenfeuer setzt, so hat man nicht nöthig, den Boden zu schwärzen, denn der Rauch wird dies ohnehin bald genug thun; unterhält man aber unter den gedachten Gefäßen ein hellbrennendes Holzfeuer, so thut man wohl, wenn man sie schwarz anlaufen läßt, und dieses läßt sich über einem Flammenfeuer, oder über einer Lampe, in Zeit von wenig Minuten bewerkstelligen.

Man hat zum öftern in Vorschlag gebracht, die Gefäße, worin die Bierbrauer das Bier kalt werden lassen, aus Metall zu verfertigen und denselben weniger Tiefe und desto mehr Fläche zu geben; der Erfolg hievon würde aber keineswegs der Erwartung entsprechen, da das Metall den Ausfluß warmmachender Strahlen gar nicht befördert.

Die beträchtliche Dicke des Holzes, woraus

man die Gefäße verfertigt, worin man das Bier kalt werden läßt, trägt nicht wenig dazu bei, daß solches schneller erkaltet; denn, so bald man dergleichen Gefäße ausleert, wird diese Masse nassen Holzes gleich wieder kalt; theils, weil die frische Luft, welche darüber hinwegstreicht, hierzu beiträgt, theils und hauptsächlich durch die Ausdünstung; wenn man sie daher wieder mit warmem Bier füllt, wird ein großer Theil der darin enthaltenen Hitze von dem erkalteten Holze wieder eingesogen.

In allen und jeden Fällen, wo man von metallenen mit Dunst angefüllten Röhren Gebrauch macht, um Zimmer zu heizen, sollte man das Aeußere dieser Röhren mit Firniß bestreichen, oder sie mit irgend einer anderen Substanz überziehen, wodurch der Ausfluß warmmachender Strahlen befördert wird. Eine Umhüllung von Papier, würde diese Wirkung hervorbringen, besonders wenn das Papier schwarz und an das Metall fest angeleimt wäre.

Jene Röhren, die dazu bestimmt sind, die in Dunst aufgelöste Wärme aus einem Zimmer in das andere zu leiten, müssen tüchtig mit einer warmen Umhüllung umgeben, oder von außen immer glänzend und nett seyn. In manchen Fällen dürfte es sich,

wie mich dünkt, wohl der Mühe verlohnen, wenn man sie vergoldete, oder wenigstens mit Goldpapier überzöge; auch wohl mit Zinnblättchen, oder einer anderen metallischen Substanz, die an der Luft nicht so leicht anläuft.

So könnte man auch die Cylinder und vorzüglichsten Dunströhren der Dampfmaschinen erst mit einer warmen Umhüllung bekleiden und sodann mit dünngeschlagenem Messing überziehen, welches aber immer rein und sauber gehalten werden müßte. Die Ersparniß des Brennstoffs würde die hiezu erforderlichen Kosten reichlich ersetzen.

Die schwarz angestrichenen Gartenmauern werden zwar von den Sonnenstrahlen stärker erhitzt, als die weißen, werden aber des Nachts eben so geschwind wieder kalt. Die Gärtner werden am besten wissen, ob diese schleunigen Abwechselungen der Temperatur den Obstbäumen zuträglich sind, oder nicht.

Es ist bekannt, daß schwarze Kleider im Sonnenschein den Körper sehr warm halten; dies ist aber keineswegs der Fall, wenn man sich, besonders bei kühler Witterung, im Schatten befindet. Unter

allen

allen farbigen Kleidungsstücken enthalten keine so viel Kälte als die schwarzen, wenn die Luft eine geringere Temperatur hat, als die der Haut ist, und wenn der Körper nicht von den warmmachenden Strahlen, die von anderen Körpern herrühren, erwärmt wird.

Man hat dargethan, wie viel der Glanz einer glatten Oberfläche zu der Wärme beitrug, die ihr, als Kleidungsstück betrachtet, eigenthümlich zugehörte. Wenn man sich daher Winterkleider anschafft, so hat man Bedacht darauf zu nehmen, daß man keine solchen Farben wählt, die am meisten dazu beitragen, daß jener Glanz verloren geht; und da die Lichtstrahlen von der weißen Farbe weit stärker abprallen, als von jeder anderen, die eben so glänzend ist, so hat man alle Ursache zu glauben, daß weiße Kleider bei kalter Witterung eben so warm halten, wie andere. Uebrigens hält man sie durchgehends für die kühlsten, die man im Sommer, besonders wenn die Sonne scheint, tragen kann; denn, da sie die Eigenschaft besitzen, die warmmachenden Strahlen abprallen zu lassen, so müssen sie eben auch die kaltmachenden Strahlen, welche im Winter zu Eis werden, zurückwerfen können.

Ich bin durch zweckmäßige Experimente, die keinen Zweifel übrig lassen, und wovon ich der Gesellschaft zu einer anderen Zeit Rechenschaft ablegen werde, überzeugt worden, daß Pelzkleider viel wärmer halten, wenn man das Pelzwerk auswärts, als nach innen zu, kehrt. Sollte dies nicht zum Beweis dienen, daß unsere Kleider uns nicht sowohl deswegen wärmen, weil darin die Wärme beisammen bleibt, als vielmehr weil sie die Kälte abhalten?

Da das feine Pelzwerk der Thiere, aus einer überaus glatten Substanz besteht, so ist es vorzüglich dazu geeignet, die Strahlen, welche demselben zugeschickt werden, von sich abprallen zu lassen. Wenn nun der Körper dadurch warm erhalten wird, daß seine eigenen Strahlen hinter ihn zurückprallen, so hat man Ursache zu glauben, daß ein Pelzkleid allemal wärmer halten wird, wenn das Haar einwärts gekehrt ist. Wenn uns hingegen unsere Kleider bei kaltem Wetter aus dem Grunde warm halten, weil sie die kaltmachenden Strahlen der kalten Körper, von welchen wir umgeben sind, von sich abprallen lassen, so würde folgen, daß der Pelz, wenn das Haar auswärts gekehrt wäre, jederzeit wärmer hielte. Und so habe ich es auch wirklich gefunden.

Diese Erörterung ist allerdings wichtig; denn

so lange man die Prinzipien, von welchen die Wärme unserer Kleider herrührt, nicht genugsam kennt, so lange können wir auch keine bestimmten Maaßregeln ergreifen, uns gegen die rauhe Jahreszeit zu sichern und unsern Körper unter allen Himmelsstrichen in einen behaglichen Zustand zu versetzen.

Das Fell verschiedener Thiere, die von schwacher Leibesbeschaffenheit sind, wird in allen kalten Ländern im Winter weiß, und das Fell der Bäre, welche sich am Nordpol aufhalten, behält diese Farbe zu allen Jahreszeiten. Diese letztgenannten Thiere sind abwechselnd bald der grimmigsten Kälte ausgesetzt, bald der unaufhörlichen Sonnenhitze, die mehrere Monate lang anhalt. Wenn es sich nun wirklich so verhielte, daß die Wärme und die Kälte auf die oben erwähnte Art erzeugt würden, und daß die weiße Farbe vor allen anderen dazu geeignet ist, die kältenden sowohl als die warmmachenden Strahen abprallen zu lassen, so wird selbst der rüstigste Skeptiker nicht in Abrede stellen können, daß es ein großes Glück für diese Thiere ist, von der Natur auf eine Art bekleidet zu seyn, die so vorzüglich zu ihren lokalen Verhältnissen paßt.

Die außerordentliche Kälte, welche zu allen Jahreszeiten auf hohen Bergen und in den höheren

Luftregionen herrscht, und der Reif, welchen man im Frühling und Herbst, selbst bei hellem Wetter auf ebenen Gefilden wahrnimmt, scheint anzuzeigen, daß schwerlich am Himmel ein Punkt ist, von welchem nicht unaufhörlich eine Menge kaltmachender Strahlen auf die Erde herabschießen.

Sollte es nicht der Einwirkung dieser nämlichen Strahlen zuzuschreiben seyn, daß unser Erdball, ungeachtet der unermeßlichen Quantitäten, welche durch die ununterbrochene Wirkung der Sonnenstrahlen auf der Oberfläche derselben hervorgebracht werden, immer in einerlei Temperatur bleibt?

Wenn diese Vermuthung Grund hat, so ist nicht zu läugnen, daß die Bewohner gewisser warmer Länder, die des Nachts auf den terrassenförmigen Dächern ihrer Wohnungen in freier Luft schlafen, sehr gut wählten, in so fern es ihnen darum zu thun war, die Stunden, welche sie der Ruhe widmen, unter dem erquickenden Einflusse des Himmels zuzubringen.

Memoire über die Wärme,

vorgelesen

in der öffentlichen Sitzung des Nationalinstituts am 6ten Messidor d. J. XII. (25. Jun. 1804).

Die vorzüglichste Gabe, welche der Mensch vom Urheber seines Daseyns erhalten hat, besteht in dem Vermögen, sich von den Vorurtheilen, die aus den Täuschungen der Sinne entspringen, zu befreien und die Geheimnisse der Natur zu ergründen.

Die Thiere werden unstreitig eben so gut wie wir gewahr, daß die Sonne, der Mond und die Sterne, auf und untergehen; der Naturmensch, wenn sein Beobachtungsgeist erwacht, glaubt in diesen Bewegungen Irregularitäten zu bemerken; aber der Mann von Genie, der sich nicht vom äußeren Schein täuschen läßt, versteht sich darauf aus dieser Unordnung das große bewundernswürdige System

des Mechanismus, nach welchem das Weltall regiert wird, herauszufinden.

Der erste Schritt in der Wissenschaft ist der, wenn man aufmerksam und in gehörigem Zusammenhange beobachtet; der zweite, wenn man anfängt zu zweifeln. Das Erhabene der Wissenschaft besteht darin, daß man dieselbe dazu anwendet, das Wirkungsvermögen des Menschengeschlechts zu erweitern, und seine unschuldigen Lebensgenüsse zu vervielfältigen.

Kein einziger Theil der physikalischen Wissenschaften, steht mit den Verrichtungen, welche den Menschen täglich beschäftigen, in so enger Verbindung, als jener, welcher die Wärme betrifft; und eben darum muß er ihn auch unter allen am stärksten interessiren.

Das Feuer ist der allgemeine und wirksamste Stoff der uns bekannt ist; und bloß der Macht, welche sich der Mensch über dieses bewundernswürdige Wesen zu verschaffen gewußt hat, verdankt er die übernatürliche Stärke, vermöge welcher er sich alle Thiere unterwürfig gemacht hat, und sowohl zu Wasser als zu Lande als unumschränkter Herr gebietet.

Daß ein so mächtiges und zugleich so folgsames, so wohlthätiges und doch so schreckliches Wesen, von den Völkern der Erde allgemein bewundert und von einigen sogar angebetet wurde, ist gar nicht befremdend; auffallender ist es, daß man einen so wichtigen Gegenstand des Nachforschens so lange Zeit ganz außer Acht gelassen hat.

Diese Gleichgültigkeit in Betreff eines so merkwürdigen und interessanten Gegenstandes, ist keiner andern Ursache als dem Mangel an Aufmerksamkeit zuzuschreiben, womit man die Dinge, welche man täglich vor Augen hat, gewöhnlich zu betrachten pflegt.

Ein Beweis, daß unsere Kenntnisse in Betreff der Wärme, äußerst beschränkt und unvollständig sind, ist der, daß die Gelehrten in Ansehung der Wärme und der Art und Weise, wie sie wirkt, ganz verschiedener Meinung sind. Einige betrachten dieselbe als eine Substanz, andere halten sie für eine vibrirende Bewegung die in den Bestandtheilen der Körper vorgeht.

Die, welche die Hypothese annehmen, daß eine besondere warmmachende Substanz existire, welche sie

den Wärmestoff nennen, setzen voraus, daß die Erwärmung eines Körpers jederzeit eine Anhäufung (accumulation) dieser Substanz in dem gedachten Körper sey. Jene hingegen, welche die Wärme bloß für eine vibrirende Bewegung halten, die ihrer Meinung nach, in einem fort, nur mit mehr oder weniger Geschwindigkeit, in den Bestandtheilen der Körper statt finden soll, betrachten die Erwärmung als eine Beschleinigung dieser nämlichen Bewegung.

Zufolge der Hypothese in Betreff der vibrirenden Bewegung, glaubt man, daß ein Körper, welcher kalt wird, weiter nichts als Bewegung verloren habe; im Sinn der andern Hypothese wird vorausgesetzt, daß dieser Verlust aus etwas Materiellem, nämlich aus Wärmestoff bestehe.

Jene berühmten Gelehrten in Frankreich, die vor etwa fünf und zwanzig Jahren, die damals ganz neue Hypothese in Hinsicht des Wärmestoffs zuerst in Umlauf brachten, ließen es sich gar nicht einfallen, das Daseyn dieses Stoffs als erwiesen anzunehmen, sondern sie erwähnen desselben stets mit jener bescheidenen Zurückhaltung, wodurch Männer von seltenen Kenntnissen und Einsichten von jeher vor andern sich

auszeichneten. Sie bedienen sich jenes Ausdrucks mehr in der Absicht, Umschreibungen zu vermeiden, und sich über wissenschaftliche Gegenstände auf eine kürzere Art auszudrücken, als in der Absicht eine neue Meinung zu begründen.

Einer jener Gelehrten, dessen Verlust die Wissenschaften und die Menschheit noch jetzt betrauren, drückt sich in seinem Handbuche der Chemie (Traité élementaire de chimie) unter andern folgendermaaßen aus:

„Als ich mit de Morveau, Bertholet und de „Fourcroy in der Absicht gemeinschaftliche Sache „machte, die Sprache der Chemiker zu verbessern, „waren wir der Meinung, man müsse vor allen „Dingen jene Umschreibungen daraus verbannen, die „den Vortrag unnöthiger Weise verlängern, ihn „schleppend, weniger körnicht, weniger deutlich „machen, und oft nicht einmal auf Begriffe führen, „die klar und deutlich bestimmt sind. Dem zufolge „bezeichneten wir die Ursache der Wärme, jene so „außerordentlich elastische Flüssigkeit, wodurch die„selbe erzeugt wird, mit der Benennung Wärme„stoff. Dieser Ausdruck entspricht nicht nur dem „Zweck, welchen wir vermittelst unsers Systems

„beabsichtigten, sondern verschafft uns noch über„dies den Vortheil, daß er zu allen Arten von „Meinungen paßt; denn nimmt man die Sache im „strengsten Verstande, so haben wir nicht einmal „nöthig vorauszusetzen, daß der Wärmestoff eine „wirklich existirende Materie ist.“

Wäre die Sache, wovon hier die Rede ist, nämlich die Existenz oder Nichtexistenz des Wärmestoffs, weniger wichtig, so möchte sie immerhin unentschieden bleiben; aber die Anwendung der Wärme ist so allgemein, und die Kunst sie zu erregen und gehörig zu leiten, ist mit allen mechanischen Künsten und mit einer großen Anzahl häuslicher Gebräuche, so innig verwebt, daß man nicht Mühe genug anwenden kann, sich mit derselben bekannt zu machen.

Ohne mich hier in eine umständliche Untersuchung der verschiedenen Experimente einzulassen, die man in der Absicht veranstaltete, die Beschaffenheit der Wärme zu bestimmen, werde ich mich in diesem Memoire lediglich mit einigen der vornehmsten Resultate beschäftigen, die aus diesen nämlichen Versuchen hervorgehen.

Eine äußerst merkwürdige Erscheinung, welche die Menschen unfehlbar gleich Anfangs wahrnehmen mußten, so bald sie das Feuer kennen lernten, ist unstreitig das Strahlen fester Körper, so bald sie sehr heiß werden.

Wenn ein fester Körper, z. B. eine Stange Eisen, beinahe dieselbe Temperatur hat, wie die atmosphärische Luft, so sehen und bemerken wir nicht das mindeste, woraus man schließen könnte, daß dessen Oberfläche Strahlen von sich giebt; lassen wir ihn aber in einem starken Schmiedefeuer noch heißer werden, so verändert dieser Körper seine Farbe, wird Anfangs roth, dann weiß, wird im Dunkeln sichtbar, erhellet andere Körper, von welchen er umgeben ist, und theilt allen Körpern, die von den Strahlen, welche er in allen möglichen Richtungen abschickt, berührt werden, eine merkliche Wärme mit.

Läßt man ihn in einem dunkeln Zimmer, wo sich die Luft still und ruhig verhält, allmählich erkalten, so sieht man ihn von neuem seine Farbe verändern. Erst war er weiß, jetzt wird er roth, und endlich ganz dunkelroth: die Helligkeit, welche er Anfangs verbreitete, nimmt nach und nach ab; die Intensität seiner warmmachenden Strahlen wird zu-

gleich schwächer und bald nachher hört die Helligkeit, welche er um sich her verbreitete, ganz auf.

Indeß fährt er, wenn er auch schon aufgehört hat zu leuchten, noch eine Zeitlang fort, warmmachende Strahlen von seiner Fläche abzusenden, und man darf nur die flache Hand gegen ihn ausstrecken um sich davon zu überzeugen.

Die warmmachenden Strahlen, welche sehr warme Körper von ihren Oberflächen absenden, fahren durch die transparente Luft, ohne sie zu erwärmen, auch theilen sie den Körpern, von deren Oberflächen sie abprallen, keine merkliche Wärme mit.

Diese wichtigen Thatsachen, welche man ja nicht außer Acht lassen darf, sind durch die Resultate einer großen Anzahl dieserhalb angestellter Experimente bestätigt worden.

Sonach wären wir denn also in unserer Untersuchung der Wärme um einen Schritt weiter gekommen. Wir sehen, daß sehr warme Körper von ihren Oberflächen Strahlen absenden, die da sie (wie die Lichtstrahlen) durch die Luft dringen, auf den Oberflächen entfernter Körper, von welchen sie umgeben

sind, und wo sie anstoßen, ohne daselbst abzuprallen, ebenfalls Wärme erzeugen.

Da nun die Existenz der warmmachenden Strahlen, deren ich so eben erwähnte, hinlänglich dargethan, und ihre Art zu wirken offenbar so beschaffen ist, wie ich sie beschrieben habe, so kömmt es darauf an, zu untersuchen, ob nicht vielleicht die Kenntniß dieser Thatsachen zureichend seyn würde, in Betreff der Wärme ein System aufzustellen, wonach sich alle jene Phänomene erklären lassen.

Ein System, mit welchem der Vortheil verbunden wäre, die Mittheilung der Wärme auf eine einzige, einfache und leicht zu begreifende Art zu erklären, würde meines Erachtens jedem andern weit vorzuziehen seyn, vermöge dessen man, um jene Phänomene zu erklären, annehmen müßte, daß die Wärme auf zwei ganz von einander verschiedenen Wegen sich mittheilt.

Wenn man sich von den Strahlungen, wovon hier die Rede ist, und von den Wirkungen, welche sie gewöhnlich hervorzubringen pflegen, einen klaren und deutlichen Begriff machen will, so muß man bis zu ihrer mechanischen Entstehung zurückgehen, und

sie nach ihrer Art des Seyns und nach ihrer Art des Wirkens betrachten.

Es giebt zweierlei Arten, wie man sich das Strahlen eines Körpers vorstellen kann; einmal, wenn man die Strahlen als wirkliche Ausflüsse einer Substanz betrachtet, die von der Oberfläche des Körpers abgeschickt wird; und zweitens, wenn man sie als wellenförmige Bewegungen betrachtet, die von jedem Punkte der Oberfläche des strahlenden Körpers ausgehen, und in allen möglichen Richtungen sich als schnurgerade Linien, in einer denselben umgebenden elastischen Flüssigkeit immer weiter verbreiten.

Newton's System beruht auf der Voraussetzung, daß die Lichtstrahlen wirkliche Ausflüsse sind.

Der Schall, mit dessen Eigenschaften wir besser bekannt sind, als mit jenen des Lichts, bietet uns ein Beispiel dar, daß eine Strahlung oder eine wellenförmige Bewegung in einer elastischen Flüssigkeit statt finden kann, und dennoch nichts weniger ist, als ein Ausfluß.

Wir haben zwar klare und zureichende Begriffe

von den mechanischen Wirkungen, wodurch die wellenförmigen Bewegungen in der Luft, welche den Schall ausmachen, erzeugt und fortgepflanzt werden; wir haben aber schlechterdings keine Idee, von irgend einer mechanischen Operation, vermittelst welcher eine Substanz ununterbrochen und in allen möglichen Richtungen von der Oberfläche eines Körpers abgeschickt werden könnte.

Wenn eine Hypothese in Bezug auf die Physik zulässig seyn soll, so muß sie sich auf die Voraussetzung einer mechanischen Operation gründen, die man begreifen kann.

Damit nun die Theorie der Wärme, welche sich auf die Hypothese von den Vibrationen gründet, zulässig sey, ist es schlechterdings nöthig zu zeigen, daß die Vibrationen, wovon hier die Rede ist, wirklich existiren können, zugleich auch die Möglichkeit darzuthun, daß sie Strahlen oder wellenförmige Bewegungen verursachen, welche die Körper von ihren Oberflächen absenden, vermöge welcher, unserer Voraussetzung zufolge, die Körper unter verschiedenen Temperaturen einander in einer gewissen Entfernung gegenseitig afficiren, indem sie in den Temperaturen derselben gegenseitige und gleichzeitige Ver-

änderungen bewirken, und es nach und nach dahin bringen, daß sie eine intermediäre mittlere Temperatur annehmen.

Wenn die Bestandtheilchen der Körper einander nicht berühren (und diese höchst wahrscheinliche Meinung ist allgemein angenommen) so läßt sich, da gar nicht daran zu zweifeln ist, daß diese Theilchen, nach den allgemeinen Gesetzen der Schwere, sich zu einander hindrängen, schlechterdings nicht begreifen, wie diese Theilchen, deren doch eine so beträchtliche Menge dazu gehören, wenn sie einen dichten in die Sinne fallenden Körper bilden sollen, in ihrer gehörigen Lage bleiben können, ohne sich in Bewegung zu setzen.

Nach Maaßgabe dieses Räsonnements könnte man den Schluß machen, als wenn die Bestandtheile der Körper immerfort in Bewegung seyn müßten, und wenn wir die Existenz einer äußerst elastischen Flüssigkeit, des Aethers, annehmen, die im ganzen Weltall jeden Raum ausfüllt, nur den nicht welchen die zerstreuten Theilchen ins Gewicht fallender Körper einnehmen, so ist leicht zu erachten, daß die Bewegungen der Bestandtheile solcher Korper, die in die Sinne fallen, in dieser Flüssigkeit wellen-

för-

förmige Bewegungen verursachen müssen, und daß die wellenförmigen Bewegungen dieser Flüssigkeit hinwiederum auf die Bewegungen der Bestandtheile jener Körper sehr merklich wirken und sie modificiren.

Man könnte vielleicht glauben, als wenn diese in den Bestandtheilen der Körper vorgehende Bewegungen, mit der Beibehaltung der Formen dichter Körper nicht wohl vereinbarlich sey; wenn man aber mit einiger Aufmerksamkeit hierüber nachdenkt, so wird man finden, daß die Bewegungen, welche wir so eben vorausgesetzt haben, allerdings Statt finden können, ohne daß dadurch den äußern Formen der Körper das mindeste von ihrer Fortdauer benommen wird.

Wenn nun die Dinge sich wirklich in dem Zustande befänden, welchen die Hypothese, wovon hier die Rede ist, voraussetzt, so würde nothwendiger Weise hieraus folgen müssen: 1) daß die Summe aller im Universum vorhandenen regsamen Kräfte, dieselbe bleiben müßte, wie auch übrigens die Wirkungen und Gegenwirkungen der Körper beschaffen seyn möchten; und 2) daß die Bestandtheile aller ins Gewicht fallender Körper schlechterdings strahlen müssen.

Wenn man aber auch annimmt, daß es mit der Existenz des Aethers seine völlige Richtigkeit habe, so läßt sich gleichwohl das Strahlen der Körper noch auf eine andere Art erklären; wenn man nämlich voraussetzt, daß die Bestandtheile der Körper immer gleichweit von einander entfernt bleiben, und zwar nicht etwa deswegen, weil sie sich nach den Gesetzen der Schwere vom Mittelpunkte zu entfernen suchen, sondern weil sie von einer Atmosphäre umgeben sind, die aus Aether, oder einer anderen uns noch zur Zeit unbekannten sehr elastischen Flüssigkeit besteht, und weil vermittelst der äußerst schnellen Vibrationen, die in diesen Atmosphären Statt finden, in dem die Körper umgebenden Aether wellenförmige Bewegungen entstehen, wodurch die Temperaturen der Körper verändert werden.

Wenn man diese letztere Hypothese annimmt, so wird zwar das Vibrationssystem, demjenigen, welches eine wärmende Substanz voraussetzt, näher kommen, indeß hat man noch immer keinen hinreichenden Grund, die Erwärmung eines Körpers für eine Folge der Anhäufung dieser Substanz zu halten, sondern man muß sie vielmehr als eine Beschleunigung ihrer Bewegung betrachten.

Um die Theorie der Wärme, welche sich auf die Hypothese der Vibrationen stützt, gehörig zu begründen, ist es nicht nur nöthig, zu zeigen, daß die Vibrationen, worauf es hier ankömmt, möglich sind, sondern man muß zugleich auch den Beweis führen, daß die wellenförmigen Bewegungen, welche sie verursachen, wirklich existiren.

Wenn sich die Dinge, von welchen wir umgeben sind, in ihrem gewöhnlichen Zustande befinden, so ist freilich kein sichtbares Zeichen von Strahlung an ihnen wahrzunehmen; auch bringen sie nicht die mindeste Wirkung hervor, welche unsere Sinne unmittelbar und dergestalt afficiren könnte, daß wir dadurch auf die Vermuthung geleitet würden, ihre Oberflächen seyen strahlende Flächen. Wenn aber der Physiker in die Geheimnisse der Natur eindringen will, so muß er beständig auf seiner Hut seyn, damit er sich weder durch die Beschaffenheit noch durch Unzulänglichkeit (le silence) unserer Sinne täuschen läßt.

Fürs erste, bedarf es wohl keines Beweises, daß die Einrichtung unserer Sinnenwerkzeuge bloß darauf abzweckt, damit wir die Dinge wahrnehmen, welche täglich im menschlichen Leben vorkommen, und

daß, wenn diese Werkzeuge reizbarer wären, uns die Lebensgenüsse, welche wir ihnen zu danken haben, in den peinlichsten Zustand versetzen würden.

Wenn unsere Ohren eine solche Einwirkung hätten, daß sie von den Vibrationen, die in der Luft Statt finden, stark afficirt würden, so würden wir unfehlbar, selbst dann, wenn rings um uns her alles ruhig und still wäre, von einem unerträglichen Getöse betäubt werden; und wenn unsere Augen alle die Strahlen wahrzunehmen vermöchten, welche dieselben berühren, so würde sie mitten in der Nacht, wenn es auch noch so finster wäre, ein unerträglicher Glanz blenden.

Es ist bekannt, daß wenn die Anzahl der Vibrationen eines tönenden Körpers in einer Sekunde weniger als dreißig und mehr als dreitausend beträgt, die vermittelst dieser Vibrationen verursachten wellenförmigen Bewegungen der Luft, die Werkzeuge auf keine gar zu merkliche Art afficiren; und man hat Ursache zu glauben, daß die Empfindlichkeit unserer Sehorgane noch weit mehr beschränkt ist.

Wenn man nun hinlängliche Beweggründe hat, welche die Vermuthung veranlassen, daß es Dinge

giebt, die wir mit unseren Sinnen nicht wahrnehmen können, so muß man alle nur erdenkliche Geschicklichkeit anwenden, um Mittel zu erfinden, sie auf eine sinnliche Art darzustellen und das Geheimniß ihrer unsichtbaren Wirkungen zu enthüllen.

Mit Beihülfe eines außerordentlich reizbaren Instruments, welches ich Thermoskop nenne, habe ich nicht nur entdeckt, daß alle Körper, unter allen Temperaturen, strahlende Körper sind, sondern zugleich auch, daß die Strahlen kalter Körper sich eben so wirksam zeigen, warme Körper zu kälten, als die Strahlen dieser letzteren dazu beitragen, kalte Körper zu erwärmen.

Der Haupttheil des Instruments, dessen ich mich bei diesen mißlichen Untersuchungen bediene, besteht aus einer langen gläsernen Röhre, die an beiden Enden umgebogen, und an jedem ihrer oberen Theile mit einer ganz dünnen gläsernen Kugel versehen ist, deren Durchmesser anderthalb Zoll beträgt. Der mittlere Theil dieser Röhre, welche geradeaus geht, liegt horizontal, da hingegen die beiden Enden derselben, auf welchen die beiden Glaskugeln ruhen, dergestalt aufwärts gebogen sind, daß sie mit dem horizontalen Theile der Kugel zwei

rechte Winkel bilden. Die Länge des horizontalen Theils der Röhre muß fünfzehn bis sechzehn Zoll betragen, und jedes seiner beiden Enden, welche senkrecht stehen, ist sechs bis sieben Zoll lang. Der innere Durchmesser der Röhre muß ungefähr eine halbe Linie betragen.

Vermittelst eines kleinen Behälters von Glas, der einen Zoll lang ist, von innen eine Linie im Durchmesser hat, hermetisch verschlossen und an die eine Krümmung der Röhre angeschmolzen ist, wird eine kleine Quantität gefärbter Weingeist in das Innere des Instruments gebracht, (und zwar genau so viel, als der Behälter fassen kann, ohne daß dadurch der freie Durchzug der Luft, aus einer Kugel in die andere gehindert wird); und wenn dies geschehen ist, wird das äußerste Ende des Behälters hermetisch verschlossen und jede Kommunikation der in dem Instrumente enthaltenen Luft, mit der äußern atmosphärischen Luft, auf immer unterbrochen.

Wenn man sich nun dieses Instruments zu den Experimenten bedienen will, wird es auf folgende Art in Bereitschaft gesetzt:

Man läßt die Kugel, welche am weitesten vom

Behälter entfernt ist, in der Hand ein wenig warm werden, dreht sodann das Instrument schnell und zwar dergestalt um, daß der Behälter aufwärts kömmt, und läßt auf diese Art eine kleine Quantität Weingeist aus dem Behälter in den horizontal liegenden Theil der Röhre laufen; dann bringt man das Instrument sogleich wieder in seine gewöhnliche Richtung, entfernt sich von demselben und geduldet sich so lange, bis der in den horizontalen Theil der Röhre übergetretene Weingeist auf einer und derselben Stelle bleibt; dies geschieht augenblicklich, so bald die in den beiden Kugeln enthaltene Luft einerlei Temperatur angenommen hat.

Das kleine mit Weingeist gefüllte Fläschchen, welches am Instrumente die Stelle des Zeigers vertritt, (und etwa drei Viertel eines Zolls lang seyn kann) muß unweit der Mitte des horizontalen Theils der Röhre, unverrückt auf einerlei Stelle bleiben. Wenn es sich zu nahe bei der einen oder der anderen Krümmung befände, würde man es wieder in den Behälter thun und die ganze Operation von neuem vornehmen müssen.

Wann diese mißliche Operation beendigt ist, dann ist das Instrument so beschaffen, daß man

Gebrauch davon machen kann. Die Art und Weise, wie man sich desselben bedient, ist diese:

Man stellt einige leichte mit Goldpapier überzogene Schirme vor eine der beiden Kugeln, und schützt sie vermittelst derselben vor den (warmmachenden oder kältenden) Einflüssen der warmen oder kalten Körper, die der anderen Kugel nahe gebracht werden. Wenn nun diese letztere von einem in ihrer Nähe befindlichen Körper, welcher wärmer oder kälter als das Thermoskop ist, entweder erwärmt oder kalt gemacht wird, so wird durch diese Veränderung der Temperatur zugleich auch die Elasticität der Luft verändert, folglich das kleine mit Weingeist gefüllte Fläschchen, am horizontalen Theile der Röhre, sogleich in Bewegung gesetzt und gezwungen, seine Stelle zu verändern.

Die Richtung, in welcher sich das Fläschchen fortbewegt, zeigt die Beschaffenheit der Veränderung an, die in der Temperatur der Luft Statt gehabt hat, die in der Kugel enthalten ist, bei welcher sich der Körper befindet, der diese Veränderung bewirkt; und der Raum, welchen das Fläschchen durchläuft, ist das Maaß der Vermehrung oder Verminderung der Elasticität, und folglich auch der Temperatur dieser Luft.

Wenn sich das Fläschchen von der Kugel, an welche man den zum Experimentiren bestimmten Körper bringt, entfernt, so ist dies das untrügliche Kennzeichen, daß die in der Kugel enthaltene Luft durch den Einfluß des gedachten Körpers erwärmt worden ist; wenn sich hingegen das erwähnte Fläschchen dieser Kugel nähert, so dienet dies zum Beweis, daß die in dieser Kugel enthaltene Luft erkaltet ist.

Die Geschwindigkeit, mit welcher das Fläschchen fortrückt, verhält sich wie die Intensität der Wirkung des Körpers, welchen man an das Instrument bringt.

Um die Intensitäten der (warmmachenden sowohl als kältenden) Wirkungen zweier von einander verschiedenen Körper vergleichen zu können, bringt man sie, und zwar zu gleicher Zeit, an die beiden Kugeln des Instruments und richtet ihre Entfernung oder Annäherung in Hinsicht der Kugeln dergestalt ein, daß das Fläschchen mit Weingeist unbeweglich auf seiner Stelle bleibt.

Im letzteren Falle ist es klar, daß jene beiden Körper auf die Kugeln, in deren Nähe si sich befin-

den, gleich stark wirken, und berechnet man die verhältnißmäßige Intensität der Strahlung eines jeden der vorerwähnten beiden Körper nach der Quantität seiner gegen die Kugel gekehrten Fläche, und nach dem Quadrat seiner Entfernung von dieser Kugel.

Wenn man die Intensität der warmmachenden Wirkung eines warmen Körpers, mit der Intensität der kaltmachenden Wirkung eines kalten Körpers, vergleichen will, so muß man zuförderst eine der Kugeln des Instruments vermittelst einiger Schirme verdecken, dann die gedachten Körper und zwar beide zugleich, an die andere Kugel bringen, und ihren Abstand von derselben dergestalt einrichten, daß ihre gleichzeitigen Wirkungen auf diese Kugel, einander vollkommen gleich sind, d. i. bis sie der eine eben so stark erwärmt, als der andere sie kältet.

Diese Gleichheit der Wirkung ergiebt sich aus dem Stillstehen des Fläschchens mit Weingeist, welches an dem Instrumente die Stelle des Zeigers vertritt; und so bald diese Gleichheit der Wirkung keinen Zweifel mehr leidet, berechnet man die Intensitäten der Strahlungen jener Körper, nach den verhältnißmäßigen Quantitäten ihrer gegen die Kugeln

gekehrten Flächen und nach den Quadraten ihrer Entfernungen von dieser Kugel.

Die Reizbarkeit dieses Instruments ist so außerordentlich stark, daß, wenn die Temperatur desselben auf 10 bis 12 Grad des Reaumurschen Thermometers steht, die strahlende Wärme der Hand, wenn man dieselbe in einer drei Schuh weiten Entfernung gegen die Kugel hält, schon hinreichend ist, zu bewirken, daß die Weingeistblase einige Linien weit fortrückt; und die kältenden Einflüsse einer Scheibe von Metall, welche schwarz ist, vier Zoll im Durchmesser hat und sich in derselben Temperatur befindet, worin das Eis schmilzt, verursacht in einer Entfernung von achtzehn Zoll, daß die Blase, und zwar so schnell, daß man solches sehr deutlich wahrnehmen kann, in der entgegengesetzten Richtung fortrückt.

Mit Beihülfe dieses Instruments habe ich folgende Entdeckungen gemacht: 1) daß alle Körper, ihre Temperatur sey welche sie wolle (mithin die kalten Körper eben sowohl als die warmen Körper) von ihren Oberflächen unaufhörlich Strahlen abschicken, oder vielmehr, welches mir noch wahrscheinlicher vorkömmt, wellenförmige Bewegungen verursachen, die mit den wellenförmigen Bewegungen der Luft viel

Aehnlichkeit haben, welche die tönenden Körper in allen Richtungen aussenden, und daß diese Strahlen oder wellenförmige Bewegungen nach und nach die Temperaturen aller jener Körper verändern, oder wenigstens afficiren, an welche sie anstoßen, ohne von denselben abzuprallen, und zwar in allen jenen Fällen, wo die auf die eben erwähnte Art von denselben berührten Körper mehr oder minder warm sind, als der Körper von dessen Oberfläche die Strahlen oder wellenförmigen Bewegungen ausfließen.

2) Daß die Intensität der Strahlungen verschiedener Körper, die in einerlei Temperatur stehen, sehr verschieden seyn kann; daß sie schwächer in jenen Körpern ist, welche die Lichtstrahlen zurückwerfen, als in denen, welche dieselben einsaugen; — schwächer in den Metallen, als in ihren Oxyden — schwächer in dunkeln und glatten Körpern, als in andern, die nicht ganz durchsichtig und nicht glatt sind. So giebt z. B. das Messing, die Temperatur desselben sey welche sie wolle, viermal so viel Strahlen von sich, wenn es mit einer Schicht Oxyd überzogen, und fünfmal so viel, wenn es über einem brennenden Lichte schwarz angelaufen ist, als wenn dieses Metall eine ganz reine und sehr glatte Oberfläche hat.

3) Daß die Strahlen, welche die Körper bei völlig gleicher Temperatur einander zuschicken, nicht das mindeste dazu beitragen, in der Temperatur des einen oder des andern dieser Körper eine Art von Veränderung zu bewirken.

4) Daß die Strahlen, welche ein Körper, von welcher Art er seyn möge, so bald er eine gewisse Temperatur angenommen, hat, von seiner Oberfläche in allen möglichen Richtungen abschickt, sich gegen andere Körper, die von ihnen berührt werden, nur in so fern als warmmachende oder kältende Strahlen verhalten, als diese Körper wärmer oder kälter sind, als der, von dessen Oberfläche diese Strahlen ausfließen; so daß dieselben Strahlen, in Bezug auf alle Körper, welche minder warm sind als der von welchem sie ausfließen, als warmmachende Strahlen, dagegen aber auf alle die, welche wärmer als der gedachte Körper sind, als kaltmachende Strahlen wirken.

Aus diesen Thatsachen könnte man a priori schliessen, daß Körper, die, so lange sie warm sind, viele warmmachende Strahlen abschicken, eben auch, wenn sie kälter werden, als andere sie umgebende Körper, denselben eine Menge kaltmachender Strahlen zuschik-

ken müssen. Und dies ist es auch wirklich, wovon ich vermittelst meiner Experimente überzeugt worden bin.

Aus den Experimenten die mit Körpern von gleichem Gehalt, von einerlei Art, und in gleichen Intervallen der Temperatur vorgenommen wurden, ergab sich, daß die kaltmachenden Einflüsse kalter Körper eben so gewiß Realität hatten, und sich jedesmal eben so wirksam erzeigten, wie die warmmachenden Strahlen warmer Körper.

Als man an die eine Kugel eines Thermoskops, dessen Temperatur nach dem Reaumurschen Thermometer 20 Grad betrug, zu gleicher Zeit und in gleich weiten Entfernungen zwei metallene Scheiben brachte, deren Durchmesser gleich groß waren, und von welchen die Temperatur der einen auf 0 (der Temperatur des schmelzenden Eises) die der andern hingegen auf 40 Grad stand, blieb der Zeiger des Instruments ganz ruhig, und gab dadurch zu erkennen, daß die Kugel durch die Strahlen des kalten Körpers eben so sehr erkaltet, als durch die Strahlen des warmen Körpers erwärmt worden war.

Wenn man die Oberfläche der einen dieser Scheiben (gleichviel übrigens welcher) schwarz macht, so

wird dadurch die Intensität der Strahlung dieser (schwarzgemachten) Scheibe, dergestalt vermehrt, daß es ihr die andere in dieser Hinsicht schlechterdings nicht nachthun kann; wenn man aber die andere ebenfalls schwarz macht, so wird die Gleichheit der Wirkung in eben dem Nu wieder hergestellt.

Wenn die Ausflüsse der (warmen sowohl als kalten) Körper wellenförmige Bewegungen sind, die in einer außerordentlich dünnen und elastischen Flüssigkeit Statt finden, welche man Aether zu nennen pflegt, so muß es sich mit der Kommunikation der Warme und der Kälte auf eben die Art verhalten, wie mit der Kommunikation des Schalls, und alle mechanische Hülfsmittel, welche man in der Absicht erfand, die Intensität des Schalls zu verstärken, müssen eben auch anwendbar seyn, die durch die Ausflüsse kalter und warmer Körper hervorgebrachten Wirkungen zu verstärken. Auch weiß ich aus eigener Erfahrung, daß ein Sprachrohr (eine kegelförmige messingene Röhre, die von innen eine feine Politur hatte) welches man zwischen die eine Kugel des Thermoskops und eine aus dünnem Kupfer bestehende Kugel legte, welche drei Zoll im Durchmesser hatte, und worin sich zerstoßenes Eis befand, die Wirkung dieses kalten Körpers auf das Instrument dreifach

verstärkte, als sie demselben bis auf zwölf Zoll nahe gebracht wurde.

Wenn ich mich einer Metapher bedienen darf, die zwar etwas stark ist, aber die Idee, welche ich mir von der eben erwähnten mechanischen Operation mache, sehr richtig ausdrückt, so muß ich sagen, daß die kalte Kugel vor der großen Oeffnung des Sprachrohrs sprach, indeß die Thermoskopkugel vor der kleinern Oeffnung desselben zuhörte.

Wenn es wahr ist, daß die Bestandtheile empfindlicher Körper, unaufhörlich von schnell auf einander folgenden vibratorischen Bewegungen hin und her gerüttelt werden, und daß zufolge dieser nämlichen Bewegungen, die Körper in allen Temperaturen von allen Punkten ihrer Oberflächen unaufhörlich Strahlen oder wellenförmige Bewegungen abschicken, die jenen wellenförmigen Bewegungen gleichen, welche durch die Vibrationen tönender Körper in der Luft bewirkt werden; und wenn die Körper, bei verschiedenen Temperaturen, von fern auf einander wirken, und zwar vermittelst dieser nämlichen Strahlen oder wellenförmigen Bewegungen, welche in den Temperaturen derselben gleichzeitige gegenseitige Veränderungen hervorbringen, und sie allmählig auf

eine

eine gemeinschaftliche, mittlere und intermediäre Temperatur zurückführen: so hat man das Erkalten eines warmen Körpers als das Resultat der wirklichen und positiven Einwirkung minder warmer Körper zu betrachten, von welchen er umgeben ist; und da hiernächst die Strahlen warmer Körper, folglich auch die der kalten Körper, größtentheils von den glatten Oberflächen dunkler Körper abprallen; und da ferner die Strahlen, welche sonach abprallen, auf den Körper, von dessen Oberfläche sie abgeprallt sind, nur wenig oder gar nicht wirken; so läßt sich hieraus a priori schließen, daß die dunkeln glatten Körper langsamer erkalten, und langsamer warm werden, als jene Körper, welche nicht ganz durchsichtig und auch nicht glatt sind.

Nun will ich die Resultate mehrerer auf einander folgenden Experimente anführen, die in der Absicht veranstaltet wurden, über diesen Punkt, worauf in der Theorie der Wärme so außerordentlich viel ankömmt, Licht zu verbreiten.

Ich hatte mir zwei cylinderförmige Gefäße (von vier Zoll im Durchmesser und vier Zoll Höhe) aus dünn geschlagenem Messing machen lassen, die von außen eine feine Politur hatten. Eines dieser Ge-

fäße ließ ich über einem brennenden Wachslicht schwarz anlaufen, füllte sodann beide Gefäße mit kochendem Wasser, und setzte sie zu gleicher Zeit, mitten im Winter, in ein großes Zimmer, wo kein Luftzug war, und ließ sie erkalten.

Das schwarz gemachte Gefäß erkaltete in zwiefach kürzerer Zeit, als das andere, dessen Metallfläche rein und sauber war.

Als endlich die beiden Gefäße einerlei Temperatur angenommen hatten, (nämlich die der kalten Luft, welcher sie ausgesetzt waren) ließ ich sie in ein geheiztes Zimmer tragen, wo ich denn fand, daß das schwarz angelaufene Gefäß doppelt so schnell erwärmt wurde, als das andere.

Ich ließ das schwarz angelaufene Gefäß säubern, und bekleidete es mit einer ganz einfachen Umhüllung von feiner Leinwand, welche dicht anschloß. Als ich nun die vorigen Experimente mit diesen beiden Gefäßen wiederholte, hatte jenes, das der kalten Luft ohne Bekleidung ausgesetzt wurde, 45 Minuten nöthig, bevor es in einem gewissen Intervall, welches nach der Skale des Fahrenheitschen Thermometers 10 Grad betrug, völlig kalt wurde; d. i. das Thermometer

mußte zuförderst von 50 auf 40 Grad fallen, ehe das Gefäß die Temperatur der im Zimmer befindlichen Luft annahm; da hingegen das andere Gefäß, welches mit feiner Leinwand bekleidet war, nur 29 Minuten Zeit brauchte, um seine Erkaltung in demselben Intervall zu vollenden.

Als die beiden Gefäße einerlei Temperatur angenommen hatten, versetzte man sie wieder in ein warmes Zimmer, und da fand sich, daß das mit Leinwand umhüllte Gefäß ungleich geschwinder warm wurde, als das andere, welches mit keiner Bekleidung versehen war.

Wenn nun gleich diese Experimente nicht unumstößlich beweisen, daß die Körper Strahlungen verursachen, und daß die Temperatur eines Körpers vermittelst der Strahlungen anderer denselben umgebenden Körper verändert wird, so dienen sie doch ganz gewiß dazu, dieser Vermuthung einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit zu verschaffen.

Außer den bereits erwähnten Experimenten, wurden auch noch mehrere andere Experimente veranstaltet, um über diesen Punkt Licht zu verbreiten, und immer führten dieselben auf Resultate, die dazu beitrugen, die gedachte Hypothese zu bestätigen.

Unter allen uns bekannten Körpern, sind die Metalle die dunkelsten, und wie es scheint, geben sie einander in dieser Hinsicht nichts nach. Ferner hat es das Ansehen, als wenn die Oberfläche eines Metalls, welche von allem entblößt, und nicht im mindesten beschmutzt ist, ungeachtet der Irregularitäten ihrer äußern Form, wodurch der Metallglanz gebrochen, und nach aller Wahrscheinlichkeit vermindert wird, immer glatt bliebe. Wenn diese Vermuthungen Grund haben, so läßt sich hieraus der Schluß machen, daß alle Metalle ohne Ausnahme die Eigenschaft besitzen, die Strahlen, von welchen ihre Oberflächen berührt werden, von sich abprallen zu lassen; und wenn die Körper von den Strahlen anderer sie umgebenden Körper warm oder kalt gemacht werden, so folgt, daß unter allen uns bekannten Körpern die Metalle nicht nur die meiste Zeit brauchen, die Wärme oder Kälte anzunehmen, sondern zugleich auch, daß das Erwärmen oder Kaltwerden aller Metalle überhaupt, mit gleichen Schwierigkeiten verbunden ist, und mithin gleich langsam von statten geht.

Um den Grund oder Ungrund dieser Vermuthungen aus Erfahrung kennen zu lernen, ließ ich mir mehrere aus verschiedenen Metallen bestehende cylin-

drische Gefäße machen, die sammt und sonders einerlei Form und Größe hatten; und da fand ich denn wirklich, daß alle diese Gefäße in einerlei Zeitdauer warm oder kalt wurden. Das eine war von Messing, das andere von Zinn, das dritte von Blei, und noch andere waren mit dünnen Gold- oder Silberblättchen belegt. Alle diese Gefäße hatten vier Zoll im Durchmesser und waren vier Zoll hoch. Wenn man dieselben mit kochendem Wasser füllte, und sie (im Winter) in die kalte Luft eines großen Zimmers stellte, wo alles ruhig und still war, so vollendeten sie ihre Erkaltung, in dem Intervall von 10 Grad, binnen 45 bis 46 Minuten.

Diese gleich starke Empfänglichkeit für das Warm- und Kaltwerden, welche zu den eigenthümlichen Eigenschaften aller Metalle gehört, ist äußerst merkwürdig, und läßt sich, meines Erachtens, nicht leicht erklären, wenn man nicht voraussetzt, daß ihnen die Wärme durch Strahlungen mitgetheilt wird.

Da man voraussetzen konnte, daß vielleicht eine Luftschicht, die sich, vermittelst der Attraktion, auf den Oberflächen aller dieser metallenen Gefäße auf eine oder die andere Art angesetzt habe, diese, dem Ansehen nach, gleich starke Empfänglichkeit für das Kaltwerden, verursacht haben möge, so veranstaltete

ich folgende Experimente, um die Sache gehörig ins Licht zu setzen.

Ich ließ eines der beiden messingenen Gefäße, Anfangs mit einer, hernach mit zwei, dann mit vier, und endlich mit acht Schichten Lackierfirniß überziehen, und so oft eine neue Schicht aufgetragen war, wurde das Experiment mit den beiden Gefäßen wiederholt. Während der Zeit, daß das Gefäß, welches mit keiner Bekleidung versehen war, regelmäßig während des mehrerwähnten Intervalls der Temperatur (von 10 Grad) in Zeit von 45 Minuten erkaltete, wurde das andere lackierte Gefäß mehr oder weniger schnell kalt, je nachdem die Oberfläche desselben mehr oder weniger dick mit Lackfirniß überzogen war; aber doch immer merklich geschwinder, als das andere Gefäß, dessen Oberfläche von allem völlig entblößt war.

Mit einer Schicht Firniß überzogen, erkaltete dasselbe in	=	=	31	Min.
Mit zwei Schichten	=	=	$25\frac{1}{2}$	=
Mit vier Schichten	=	=	$20\frac{3}{4}$	=
Mit acht Schichten	=	=	24	= *)

*) Während der mit mehrern Lackschichten veranstalteten Experimente, wovon ich der königlichen Societät der

Da nun die Luftschicht, welche sich, unserer Voraussetzung zu Folge, an die Oberfläche jenes Gefäßes, als dasselbe noch nicht lackiert war, vielleicht angehangen hatte, eben so gut von einer Schicht Lack, als von zwei, oder mehreren Schichten, verdrängt werden konnte, so lassen sich die Resultate dieser Experimente wohl schwerlich mit der Voraussetzung vereinbaren, daß eine Luftschicht, welche sich auf den Oberflächen aller aus verschiedenen Metallen bestehenden Gefäße, festgesetzt hatte, die Ursache gewesen seyn könne, weswegen sie sammt und sonders auf einerlei Art und zwar sehr langsam, erkalteten.

Als man dieses nämliche Experiment mit einem gläsernen Gefäße und einem aus Eisenblech bestehenden Gefäße, von neuem wiederholte, fand sich, daß das gläserne Gefäß weit schneller erkaltete, als das Gefäß von Eisenblech, obgleich die Seitenwände des

Wissenschaften zu London Rechenschaft abgelegt habe, waren die äußersten Theile des metallenen Gefäßes mit warmen Umhüllungen bekleidet, und die Zeiten, in welchen der Apparat erkaltete, waren von längerer Dauer. In vorliegendem Fall wird vorausgesetzt, daß das Gefäß, so wie die vertikale Wand desselben, von allem entblößt war.

ersteren sechsmal so stark waren, als die Seitenwände des letzteren.

Im Wasser wurde das Gefäß von Eisenblech in einer weit kürzern Zeit kalt.

Da ich nun aus diesen und mehreren anderen Experimenten, deren ausführliche Beschreibung hier zu weitläuftig seyn würde, ersehen hatte, daß die Leichtigkeit, mit welcher sich ein Körper erwärmen oder kälten läßt, großentheils auf der Beschaffenheit seiner Oberfläche beruhet, und daß diese Operationen immer langsamer und schwerer von statten gehen, je nachdem die Oberfläche eines Körpers dazu geeignet ist, die Strahlen, welche dieselben berühren, von sich abprallen zu lassen, so konnte ich kaum die Zeit erwarten, wo ich im Stande seyn würde, meine nun einmal angenommene Theorie der Wärme zur Erklärung einiger großen und interessanten Naturerscheinungen anzuwenden, und sie eben dadurch noch stärker auf die Probe zu stellen.

Die Natur hat uns eine der interessantesten Erscheinungen ganz nahe vor Augen gestellt, die gewiß unsere ganze Aufmerksamkeit in jeder Rücksicht verdient.

In warmen Ländern sind die Menschen schwarz, unter kalten Himmelsstrichen hingegen sind sie weiß.

Worin bestehen nun eigentlich die Vorzüge, welche den Negern ihre schwarze Farbe verschafft, wodurch sie in Stand gesetzt werden, unter ihrem brennend heißen Klima ohne die mindeste Unbequemlichkeit einen Grad von Wärme zu ertragen, den die Weißen unmöglich aushalten könnten?

Vermittelst des Athemholens wird ganz natürlicher Weise unter jedem Himmelsstriche eine starke Quantität Wärme in den Lungen erzeugt. Wenn sich folglich der Mensch in einer Lage befindet, wo die Luft und alle ihn umgebende Körper wärmer als sein Blut sind, und er dennoch am Leben bleiben soll, so muß die Oberfläche seines Körpers schlechterdings von solcher Beschaffenheit seyn, daß sie leicht kalt wird; denn da sonst die ohnehin nicht sehr kältenden Strahlen, welche ihm von den ihn umgebenden Körpern zugeschickt werden, bei weitem nicht hinreichend seyn würden, ihn von der Hitze zu befreien, die unaufhörlich in seinen Lungen entsteht, so würde er, wegen allzu großer Anhäufung dieser Wärme, gar bald ersticken müssen und leblos darnieder sinken.

In einem kalten Lande, wo das Kaltwerden der Oberfläche des Körpers, welches durch andere ihn umgebende kalte Körper bewirkt wird, mehr als hinlänglich ist, der unaufhörlichen Erhitzung, welche das Athemholen verursacht, das Gleichgewicht zu halten, kann man zwar den Körper gegen die allzu kaltmachende Wirkung derselben vermittelst der Kleidungsstücke in Sicherheit setzen; noch zur Zeit aber ist uns keine einzige Kleidung bekannt, wodurch das Kaltwerden des menschlichen Körpers unter einem sehr heißen Himmelsstriche genugsam erleichtert würde.

Was that die Natur, um diesen Mangel zu ersetzen? Sie verlieh den Einwohnern warmer Länder eine schwarze Haut. Diese Farbe verursacht, daß sich der Neger nicht leicht erhitzt, sondern sich vielmehr in einer Lage, wo der Weiße vor Hitze verschmachten würde, in einem ganz behaglichen Zustande befindet. Eben so gewiß ist es aber auch, daß er unter einem Klima, welches dem Weißen sehr milde vorkömmt, an allen Gliedern vor Kälte zittert und bebt.

Es ist bekannt, daß eine schwarze Fläche eine viel kleinere Quantität Lichtstrahlen abprallen läßt, als eine weiße Fläche; auch scheinen die Resultate

aller, sowohl von mir selbst, als auch von Anderen, angestellten Experimente zu beweisen, daß jene Flächen, welche die Eigenschaft besitzen, die Lichtstrahlen abprallen zu lassen, zugleich auch diejenigen sind, von welchen die warmmachenden und kaltmachenden Strahlen, die von allen Körpern ununterbrochen auf die Oberflächen derselben abgeschickt werden, ebenfalls abprallen: und wenn die Temperatur eines Körpers, vermöge der Einwirkung anderer denselben umgebenden Körper, die ihm durch deren Strahlung mitgetheilt wird, zu sehr überladen wird, so ergiebt sich hieraus deutlich und klar, wie es zugeht, daß ein Neger zwischen den Wendezirkeln mehr Hitze und in den Gegenden am Nordpol, mehr Kälte auszustehen hat, als ein anderer Mensch, dessen Haut weiß ist.

Wenn sich nun aber der Neger warmmachenden Strahlen, zum Beispiel den Sonnenstrahlen aussetzt, sollte er alsdann eben nicht mehr Hitze auszuhalten haben, als ein Weißer? Unfehlbar würde dies der Fall seyn, wenn die Natur nicht zuvor gesehen hätte, welcher Gefahr sie ihn dadurch aussetzen würde, und auf Mittel bedacht gewesen wäre, dem Uebel vorzubeugen.

Wenn sich der Neger den Sonnenstrahlen aussetzt, tritt sogleich auf der Oberfläche seiner Haut eine ölichte Materie hervor, und macht, daß sie anfängt zu glänzen; die Strahlen von welchen sie berührt wird, prallen großentheils ab, und der Neger verspürt eben keine sonderliche Hitze.

Die Sonne geht unter, und der Neger kehrt in seine Hütte zurück; die ölichte Materie, womit die Oberfläche seines Körpers bedeckt war, verliert sich wieder unter der Haut, und er behält alle jene Vortheile, die ihm seine Farbe verschafft, um sich immer von neuem abkühlen zu können.

Wenn nun eine Schicht Oel, womit die Haut überzogen ist, den Körper gegen die allzu intensive Wirkung warmmachender Strahlen schützt, so muß sie unfehlbar auch dazu dienen, ihn in sehr kalten Ländern, besonders im Winter, wo die Sonne nie aufgeht, gegen die Wirkung kaltmachender Strahlen zu sichern. Beschmieren sich denn aber die Lappländer nicht auch mit Oel?

Es war mir zu viel an der Auflösung dieses wichtigen Problems gelegen, als daß ich nicht alles

mögliche hätte anwenden sollen, es vollends ins Licht zu setzen.

Das folgende Experiment schien, meines Erachtens, die vorzüglichsten Thatsachen, worauf es hier ankömmt, so ziemlich außer Zweifel zu setzen.

Ich umhüllte meine beiden cylinderförmigen Gefäße mit einer animalischen Substanz, nämlich mit dünnen Goldschlägerhäutchen, überstrich die eine Umhüllung mit Tusche, ließ aber der anderen ihre natürliche weiße Farbe. Als dies geschehen war, füllte ich beide Gefäße mit kochendem Wasser, und ließ sie zu gleicher Zeit in einem großen Zimmer, wo kein Luftzug Statt hatte, kalt werden.

Das Gefäß mit der schwarzen Umhüllung bezeichnete einen Neger; das mit der weißen hingegen, einen weißen Menschen.

Der Neger wurde viel geschwinder kalt, als der Weiße. Er vollbrachte die Zeit seines Kaltwerdens, in dem gewöhnlichen Intervall von 10 Grad, binnen $23\frac{1}{2}$ Minuten, da hingegen der Weiße hiezu 28 Minuten bedurfte.

Dieses interessante Experiment wurde den 23ten März 1803 zu München veranstaltet. Die Resultate desselben bedürfen keiner weiteren Erklärung; die Aerzte und Physiologen mögen entscheiden, in wie fern man dieselben benutzen kann, um die Weissen, welche Berufswegen in heißen Weltgegenden wohnen, bei guter Gesundheit zu erhalten.

Betrachtungen

über

die Wassergruben,

welche

den Sommer hindurch auf den großen massiven Eismassen oder Gletschern bei Chamouny entstehen;

nebst

einigen Bemerkungen

über

die Fortpflanzung der Wärme in Flüssigkeiten;

vorgelesen

in der Königl. Societät der Wissenschaften zu London, im Monat November 1803.

Als ich im August vorigen Jahres in Gesellschaft von Madame Lavoisier und des Professor Pictet, aus Genf, die Gletscher bei Chamouny bestieg, hatte ich Gelegenheit auf dem sogenannten Eismeere eine Naturerscheinung zu bemerken, die

zwar in diesen hohen und kalten Regionen sehr oft vorkommen soll, mir aber ganz neu war und mich äußerst überraschte. Wir wurden nämlich auf der Oberfläche einer überaus großen und dicken Eismasse ein vollkommen cylinderförmiges Loch, oder vielmehr eine Art von Grube gewahr, welche ungefähr sechs Zoll im Durchmesser hatte, über vier Schuh tief und bis an den Rand mit Wasser angefüllt war. Als ich das Innere dieser Grube mit einem Stocke sondirte, fand ich, daß die Seiten desselben glatt waren, und daß der Boden eine gut zugerundete Halbkugel bildete. Die Achse der Grube war zwar nicht ganz vertikal, neigte sich aber gegen Mittag zu ein wenig abwärts, und diese Neigung war Ursache, daß der horizontale Abschnitt der Grube nicht ganz zirkelrund zulief, sondern eine Ellipse bildete.

Unsere Wegweiser erzählten mir, daß dergleichen cylinderförmige Löcher in den ebenen Gegenden des Gletschers häufig anzutreffen wären, daß sie im Sommer entstünden und bei zunehmender Wärme immer tiefer würden, bei eintretendem Winter aber wieder zufrören und nicht mehr zu sehen wären.

Nun lege ich allen denen, welche durchaus nicht zugeben wollen, daß das Wasser ein Ableiter der Wär-

Wärme sey, die Frage vor: Wie mögen wohl diese mit Wasser gefüllten Gruben entstand n seyn? — Wenn man freilich voraussetzt, daß zwischen den neben einander befindlichen Bestandtheilen dieser Flüssigkeit, deren Temperaturen sehr verschieden sind, gar keine unmittelbare Kommunikation der Wärme Statt finden könne, so ist die Sache leicht zu erklären; nach jeder andern hypothetischen Voraussetzung scheint sie mir aber schlechterdings unerklarbar zu seyn.

Die Masse stehenden Wassers, womit die Grube beständig angefüllt ist, muß sich natürlicher Weise in einer Temperatur befinden, die dem Gefrierpunkte gleichkömmt; denn sie ist überall von Eis umgeben (nur nicht auf der kleinen Oberfläche, die von der Luft berührt wird). — Aber die Grube wird, so lange der Sommer dauert, immer tiefer. Woher also die Wärme, welche verursacht, daß das Eis auf dem Boden der cylinderförmigen Höhlung immerfort schmilzt? Wie mag es zugehen, daß diese Wärme nur auf den Boden der Grube wirkt, und nicht zugleich auch auf ihre Seitenwände?

Diese sonderbaren Erscheinungen würden sich, wie mich dünkt, auf folgende Weise erklären lassen:

Die warmen Winde, welche zur Sommerszeit über diese eiskalte Wassersäule hinwegstreichen, müssen den Partikeln, welche von dieser warmen Luft unmittelbar berührt werden, ganz natürlicher Weise einen kleinen Grad von Wärme mittheilen. Da nun die auf der Oberfläche des Wassers befindlichen und sonach erwärmten Partikeln, durch diese kleine Vermehrung ihrer Temperatur specifisch schwerer werden, so sinken sie ganz langsam auf den Boden der Grube hinab, und theilen dem Eise, welches sie nun unmittelbar berühren, ihre Wärme mit, so daß die Tiefe der Grube immer mehr und mehr zunimmt.

Dieser ganz natürliche Prozeß scheint genau derselbe zu seyn, welcher bei einem meiner Experimente Statt hatte, wovon ich in meinem Versuche über die Fortpflanzung der Wärme in flüssigen Sachen, (S. das Experiment No. 17) *) gesprochen habe, und dessen Resultat, so viel ich weiß, noch zur Zeit von Niemandem auf eine befriedigende Art erklärt worden ist.

*) S. meinen siebenten Versuch im zweiten Bande, S. 248; und die Bibl. Brit. T. V. p. 134 ff.

Es giebt auch noch eine andere Naturerscheinung, deren gründliche Erklärung ich gern von denen vernehmen möchte, welche durchaus nicht zugeben wollen, daß die Meinungen, welche ich in Betreff der Art und Weise, wie sich die Wärme in flüssigen Dingen fortpflanzt, nothgedrungen annehmen mußte, einigen Grund haben. Nämlich: wie es zugeht, daß das Wasser auf dem Boden tiefer Teiche, zu allen Jahreszeiten ohne eine merkliche Abwechselung immer in einerlei Temperatur bleibt.

Diese einzige Thatsache würde meines Erachtens schon zum hinreichenden Beweis dienen können, daß wenn eine unmittelbare Mittheilung der Wärme zwischen den einander benachbarten Bestandtheilen oder Partikeln des Wassers, d. i. von einer zur andern, oder von der nächsten zur nächstfolgenden, Statt findet, diese Mittheilung so außerordentlich langsam erfolgen müsse, daß sie offenbar für nichts zu achten ist; und nur in diesem sehr eingeschränkten Sinn wünschte ich verstanden zu werden, wenn ich sage, daß ich die Flüssigkeiten für Nichtleiter der Wärme halte.

So oft ich zeither von Fortpflanzung der Wärme in flüssigen Dingen handelte, schränkte ich mich

immer bloß darauf ein, wirkliche Thatsachen zu untersuchen, ohne je eine Vermuthung über die Ursache beobachteter Thatsachen zu wagen; allein vermittelst der Resultate neuerer Experimente, welche man über das Strahlen warmer und kalter Körper angestellt hat (und wovon ich der Königl. Societät der Wissenschaften Bericht zu erstatten in kurzem die Ehre haben werde) *) ist sowohl über die Beschaffenheit der Wärme, als über die Art und Weise, wie sie sich mittheilt, mehr Licht verbreitet worden. Ich hoffe daher zeigen zu können, warum alle Veränderungen der Temperatur durchsichtiger Flüssigkeiten schlechterdings auf den Oberflächen derselben Statt finden müssen.

Es machte mir ungemein viel Vergnügen, als ich in Erfahrung brachte, daß verschiedene Gelehrte, zu London und Edinburg, sich damit beschäftigten, die Art und Weise zu erforschen, wie sich die Wärme in flüssigen Dingen fortpflanzt, und daß sie eine Menge neuer und sinnreicher Experimente veranstaltet haben, um diesen Gegenstand ins Licht zu setzen. Wenn ich es bis jetzt nicht öffentlich bekannt werden

*) Dies bezieht sich auf das vorhergehende Memoire, welches der Königl. Societät im November 1803 zugeschickt wurde.

ließ, daß ich ihre Bemerkungen über meine in dieser Hinsicht geäußerten Meinungen prüfte, so ist mein Stillschweigen keineswegs der Ursache zuzuschreiben, als wenn ich befürchtet hätte, ihnen zu mißfallen, sondern es rührte vielmehr davon her, daß es mir schlechterdings nicht möglich war, die Resultate meiner eigenen Experimente nach andern Grundsätzen zu erklären, als jenen, die ich nach reifer und unparteiischer Ueberlegung angenommen habe; ferner, weil ich glaubte, daß meine eigenen Erfahrungen wenigstens eben so wahrscheinlich seyen, wie jene, welche man denselben entgegenstellte; endlich, weil ich die wesentlichsten Punkte, worin wir, was den Uebergang (passage) der Wärme in flüssige Dinge betrifft, von einander abweichen, zufolge der Umstände, die mit verschiedenen großen Naturwirkungen vereinbart sind, für so klar und deutlich bestätigt hielt, daß dieses Zeugniß meiner Einsicht nach, nicht im mindesten durch Schlußfolgen geschwächt werden konnte, die aus unvollständigen Experimenten gezogen wurden, worunter es, nach dem eigenen Geständniß ihrer Erfinder, sogar solche gab, auf die man sich nicht genugsam verlassen konnte.

Bei allen unsern Versuchen, die Wärme in flüssigen Dingen von oben nach unten fortzupflanzen,

kann es nicht anders seyn, als daß die Wärme, welche sich unvermeidlicher Weise in die Seitenwände der Gefäße zieht, worin die Flüssigkeiten enthalten sind, das Resultat des Experiments sehr zweifelhaft macht; und wenn ein solches Gefäß aus Eis besteht*), so verursacht die Bewegung des aus dem zerschmelzenden Eise hervorkommenden Wassers, von oben nach unten, in der Flüssigkeit gewisse Bewegungen, und folglich auch Unrichtigkeiten in den Resultaten, die, wie ich aus eigener Erfahrung weiß, von noch größerm Belang sind, als jene; und wenn die Thermometer, welche man in geringer Entfernung von der Oberfläche, in die Flüssigkeit taucht, durch die Einwirkung eines auf der Oberfläche der Flüssigkeit vorhandenen Körpers, ein wenig erwärmt werden, so ist dies noch lange kein hinreichender Beweis, daß diese Wärme dem Thermometer durch die Flüssigkeit von oben nach unten, d. i. von einer Partikel zur andern, oder von der nächsten zur nächstfolgenden, mitgetheilt wurde; weit entfernt, daß dies wirklich der Fall wäre, kann dieser Umstand nicht einmal zum Beweis dienen, daß das Thermometer den Grad der Wärme, welchen es anzeigt, von der

*) Herr Murray gebrauchte zu seinen Experimenten Gefäße von Eis.

dasselbe umgebenden Flüssigkeit wirklich erhalten habe; denn es ist allerdings möglich, (und das Gegentheil kann schlechterdings nicht bewiesen werden) daß jene Wärme durch die Strahlung eines einzigen unweit der Oberfläche der mehrerwähnten Flüssigkeit vorhandenen Körpers bewirkt wurde.

Als ich die Experimente veranstaltete, die ich in meinem Versuche über die Fortpflanzung der Wärme, ausführlich beschrieben habe, stellte ich große Quantitäten, d. i. mehrere Pfund, Wasser in der Temperatur des Kochpunktes, geraume Zeit (drei Stunden lang) auf einen Eisklumpen, wovon in diesem nämlichen Zeitraume nur wenig zerschmolz; und als ich dasselbe Experiment mit einer ähnlichen Quantität kalten Wassers (das bis zu 41 Grad Fahrenheit $= 4^{\circ}\frac{1}{10}$ Reaumur erkaltet war) wiederholte, fand sich, daß in der nämlichen Zeit doppelt so viel Eis zerschmolzen war.

Bei diesen Experimenten, waren doch die Ursachen der Ungewißheit, deren ich weiter oben gedachte, gewiß nicht vorhanden.

Die Resultate dieser Experimente waren gewiß äußerst frappant, und die Schlüsse, welche natürlicher Weise aus diesen nämlichen Resultaten entste-

hen, kamen mir immer so evident und unwiderlegbar vor, daß sie, meines Erachtens, weder Erläuterung noch Bestätigung bedurften.

Wenn das Wasser wirklich ein Ableiter der Wärme wäre, so fragt sich, wie es zugieng, daß die Wärme des kochenden Wassers, in Zeit von drei Stunden nicht bis zu der Eisscheibe hindurch dringen konnte, auf die man dasselbe gestellt hatte, und von welcher es nur vermittelst einer Schicht kalten Wassers abgesondert war, deren Dicke nur etwa einen halben Zoll betrug?

Ich wünschte, daß es den Naturforschern, welche die Meinungen, die ich in Betreff der Ursachen dieser sonderbaren Naturerscheinung geäußert habe, zu widerlegen suchen, gefällig seyn möchte, uns zu einer gründlichern Erläuterung derselben zu verhelfen, als diejenige ist, die ich mich getraute, dem Publikum vorzulegen. Auch wünschte ich, daß sie uns eröffneten, wie es zugeht, daß das Wasser auf dem Boden aller tiefen Seen und Teiche, stets in einerlei Temperatur bleibt; insonderheit aber, wie und auf welche Art die obenerwähnten Wassergruben in den felsenfesten ungeheuern Eismassen der Gletscher bei Chamouny entstehen.

Ein Naturforscher zu Edinburg, Namens Thompson, hat sich in Betreff der Experimente, die ich in

der Absicht veranstaltete, die Strömungen, welche die plötzliche Anwendung der Wärme oder der Kälte, in flüssigen Dingen verursacht, auf eine in die Augen fallende Art darzustellen, eine Bemerkung erlaubt, die mich äußerst befremdet hat. Er will nämlich nicht glauben, daß die Bewegungen, welche während eines meiner Experimente in einigen Stückchen gelben Bernsteins vorgiengen, die ich in Wasser gehangen hatte, worin Pottasche aufgelöst war, die Existenz der in der gedachten Flüssigkeit Statt gefundenen Strömungen außer Zweifel setzen. Im Gegentheil ist er der Meinung, jene Bewegungen könnten vielleicht durch eine Veränderung der specifischen Schwere des Bernsteins, oder der an demselben hangenden Luft, bewirkt worden seyn.

Ich bedaure sehr, daß man mir so wenig Beobachtungsgeist zutraut, um vermuthen zu können, daß ich so leicht in einen Irrthum verfallen seyn möchte, denn es ist doch gewiß nichts leichter, als die Bewegung eines dichten Körpers zu unterscheiden, der in einer gleichschweren Flüssigkeit hängt, und durch die Bewegung dieser, einen Strom bildenden Flüssigkeit, mit fortgerissen wird. Es ist, sage ich nochmals, nichts leichter, als diese Bewegung einer Flüssigkeit von jener zu unterscheiden, vermittelst welcher ein Körper in dieser Flüssigkeit

nach Verhältniß seiner Leichtigkeit oder Schwere, bald sinkt, bald wieder empor gehoben wird. In dem einen Fall bleibt die Bewegung sich immer gleich, im andern hingegen wird sie beschleunigt. In einer Strömung kann ein dichter Körper in allen möglichen Richtungen, sogar in krummen Linien, mit fortgerissen werden; sinkt er aber in einer stillstehenden Flüssigkeit, vermittelst seiner Schwere, zu Boden, oder wird er vermöge seiner specifischen Leichtigkeit, wieder empor gehoben, so muß er sich schlechterdings in senkrechter Richtung bewegen.

Gewiß ist, daß ich bei meinen vielfältigen Experimenten die Bewegungen kleiner Theilchen verschiedener Substanzen, die mit unter in Wasser vorkommen, zum öftern wahrgenommen, und sie genau so befunden habe, wie sie Herr Thompson beschreibt; anstatt aber hieraus zu folgern, daß in dieser Flüssigkeit Strömungen vorhanden seyn, war mir vielmehr die Ursache dieser Bewegungen so einleuchtend, daß ich es nicht der Mühe werth hielt, derselben zu erwähnen.

Am Schlusse dieses Memoire muß ich die Königl. Societät sehr um Vergebung bitten, daß ich mir die Freiheit nahm, ihr diese Bemerkungen vorzutragen. Jede Art von Zänkerei war mir von jeher verhaßt;

und eben darum suchte ich mich immer vor literarischen Streitigkeiten möglichst in Acht zu nehmen; auch werde ich dergleichen in der Folge zuverlässig vermeiden.

Es versteht sich, daß ich dem Publikum für die Richtigkeit der Beschreibungen, welche ich demselben in Betreff meiner Experimente mitgetheilt habe, verantwortlich bin; vernünftiger Weise kann man aber nicht von mir verlangen, daß ich alle und jede Einwürfe, die man meinen aus diesen Experimenten hergeleiteten Schlußfolgen entgegen stellen kann, beantworten soll. Uebrigens wird es mir jederzeit zum größten Vergnügen gereichen, wenn ich sehe, daß man meine Meinungen unparteiisch prüft, und mich, da wo ich geirrt habe, zurechtweiset; denn es ist mein eifrigster Wunsch, und mein sehnliches Verlangen, daß meine Untersuchungen zur Verbreitung nützlicher Kenntnisse beitragen mögen.

Inhalt

Seite

1. Historische Uebersicht verschiedener Experimente, die von dem Verfasser zu verschiedenen Zeiten in Betreff der Wärme veranstaltet wurden. . . . 3
2. Versuche über die Beschaffenheit der Wärme, und die Art wie dieselbe sich mittheilt. Vorgelesen in der Königl. Societät zu London, im December 1803. 99
3. Abhandlung über die Wärme. Vorgelesen in der öffentlichen Sitzung des Nationalinstituts zu Paris, am 25. Junius 1804. 293
4. Bemerkungen über die Gruben im Eise bei Chamouny. 335

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Rumford, Benjamin Thompson von, 1753-1814

Benj. Grafen von Rumford kleine Schriften politischen, ökonomischen und philosophischen Inhalts aus dem Franz

Bd.: 4,1

Weimar 1805

Opp. 604 b-4,1/2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10604933-3
VD18 11491639-002